

1. ORGANIZZAZIONE DEL DISEGNO

Esistono vari tipi di macchine complesse per le quali il complessivo di montaggio non sarebbe utile, per cui si procede alla suddivisione della macchina in parti più limitate, ma complete in se stesse, disegnando per ognuna il **“COMPLESSIVO DI GRUPPO O SOTTOGRUPPO”**.

Il disegno del complessivo comunque deve contenere tutte le rappresentazioni grafiche necessarie e sufficienti per capire il funzionamento della macchina e conoscere il numero e la posizione relativa di tutti i pezzi di cui è costituita.

Il complessivo non deve riportare le indicazioni delle dimensioni dei singoli pezzi.

Si chiama **PARTICOLARE** ogni singolo pezzo ottenuto scomponendo la macchina nei singoli elementi che lo compongono, smontandoli dal loro posto senza distruggere i collegamenti fra pezzo e pezzo. Si avranno:

- **PARTICOLARI SEMPLICI**: costituiti da pezzi semplici;
- **PARTICOLARI COMPOSTI**: ottenuti unendo tra loro particolari semplici (subparticolari) con collegamenti non smontabili (saldatura, forzamenti a caldo, chiodatura)

Il disegno del particolare comprende tutte le rappresentazioni grafiche e informazioni necessarie e sufficienti per costruire il particolare (dimensioni del pezzo, tolleranze, trattamenti termici, stato della superficie). Nel caso dei particolari composti il loro disegno riporta solo le indicazioni relative all’assemblaggio e alle lavorazioni da eseguire successivamente, mentre il resto è nel disegno del subparticolare.

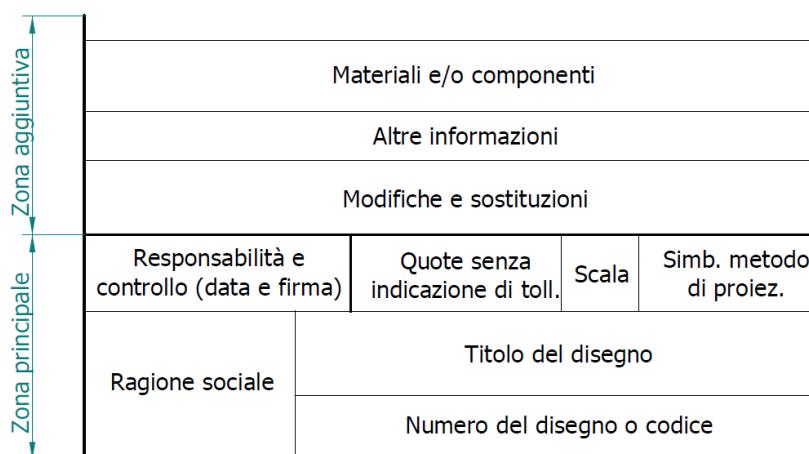
Fa parte integrante del complessivo e del particolare il **Riquadro delle Iscrizioni** (cartiglio), una tabella che contiene le informazioni relative alla identificazione, interpretazione e gestione del disegno.

Esso ha una forma rettangolare, di larghezza come un foglio A4 riquadrato (190x175mm), ed è suddiviso in ulteriori spazi dove si trovano specifiche informazioni. È disposto nell’angolo inferiore destro del foglio e le linee che lo delimitano coincidono con le linee di squadratura.

La zona principale del riquadro deve contenere le seguenti informazioni:

- Numero e codice del disegno: in questa casella si trova anche l’indicazione del foglio (es:foglio1di2)
- Titolo;
- Nome della ditta o ragione sociale;
- Simbolo del metodo di proiezione;
- Scala del disegno;
- Quote senza indicazione di tolleranza;
- Date e firme apposte dai responsabili.

Sopra la zona principale è prevista una zona aggiuntiva facoltativa strutturata in funzione delle informazioni che deve contenere; quasi sempre questo spazio è usato per le informazioni relative a modifiche e sostituzioni del disegno.



Il riquadro viene completato con la **LISTA DI MONTAGGIO** (o distinta dei componenti), strutturata come in figura, la quale deve contenere almeno:

- Il numero di posizione (o numero d'ordine di montaggio) di ogni particolare;
- La designazione, che contraddistingue univocamente un particolare, che può consistere nella denominazione (albero, boccola...) o in una sigla se si tratta di particolari unificati; della designazione fa parte anche l'indicazione unificata del materiale che può occupare una specifica colonna;
- Il numero totale di pezzi che hanno lo stesso numero di posizione (particolari uguali devono avere numero uguale ed essere identificati la prima volta che si incontrano nella sequenza di montaggio);
- La massa totale (kg), ottenuta moltiplicando la massa di ciascun pezzo per il numero di pezzi con stesso numero di posizione;
- Le eventuali note coincise.

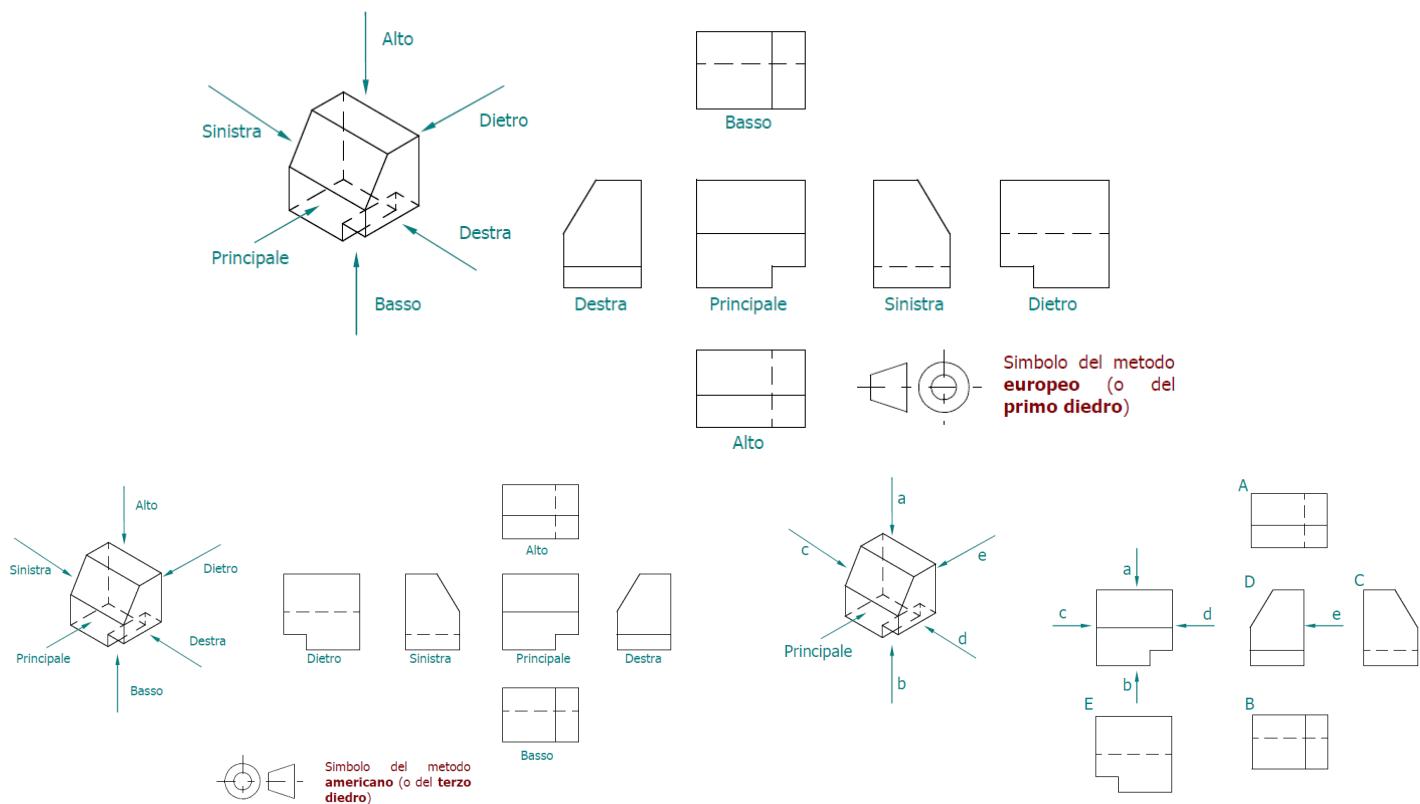
Tab. 5.3 - Distinta dei componenti.

Dattilescritta 10 caratteri/police: 67 passi = 67 x 2,54 ≈ 170 mm				
POSIZ.	DESIGNAZIONE	N° PEZZI	kg MASSA TOTALE	NOTE
				Riquadro delle inscrizioni secondo UNI 8187)

2.LE VISTE

Le proiezioni ortogonali di un pezzo sul foglio prendono il nome di viste. Esistono diverse disposizioni delle viste:

- **Metodo del primo diedro**, indicato col simbolo in figura, in cui la vista principale è quella anteriore (a), quella (b) è dall'alto, (e) dal basso, (d) da destra, (c) da sinistra e (f) è quella posteriore.
- Metodo del terzo diedro (americano), dove la disposizione delle viste è diversa ma le lettere assumono lo stesso significato.
- Metodo delle frecce, dove ciascuna vista è individuata con una freccia e una lettera maiuscola, che deve essere ripetuta immediatamente sopra o sotto la vista corrispondente.

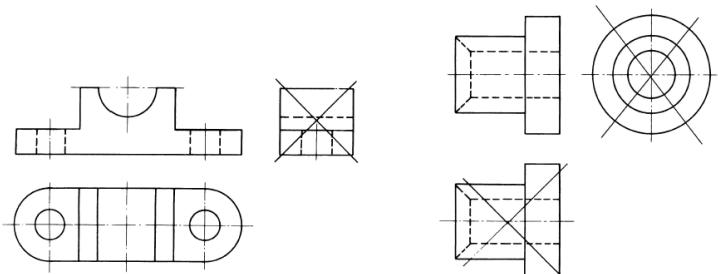


Le viste possono essere solo traslate e non ruotate

rispetto alla vista anteriore, la quale è scelta come vista più caratteristica dell'oggetto.

La scelta delle viste (incluse le sezioni) deve essere fatta in base ai seguenti principi:

1. Limitare il loro numero al minimo necessario e sufficiente per definire completamente l'oggetto;
2. Evitare la rappresentazione di contorni e spigoli nascosti;
3. Evitare la ripetizione non necessaria di particolari.

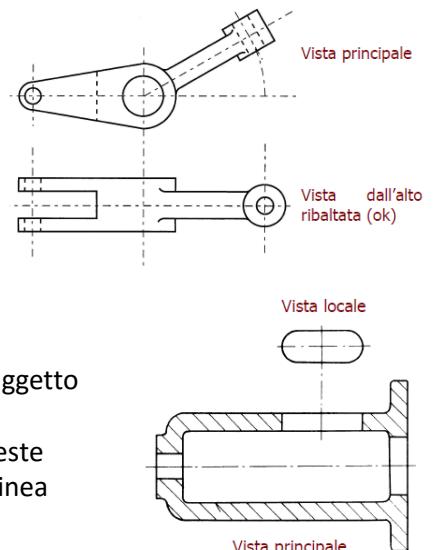


Due viste sono sufficienti, la terza è inutile.

Una vista è sufficiente, le altre due sono inutili.

CONVENZIONI PARTICOLARI:

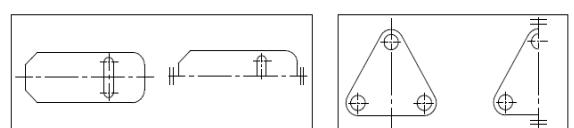
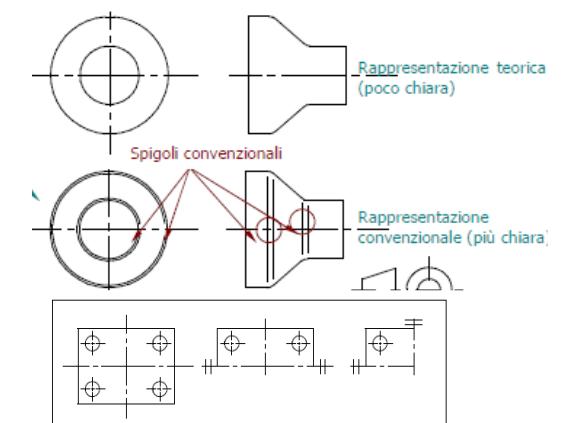
- Se una parte del pezzo risulta rappresentata di scorci in una delle viste si può ribaltarla sul piano di vista rappresentandola in vera grandezza. In questo caso bisogna indicare con archi di circonferenza e linea mista fine la traiettoria di un punto caratteristico della parte ribaltata.
- Per oggetti di forma particolare si possono usare viste secondo direzioni diverse da quelle usuali.
- **VISTA ELEMENTO** Per mettere in evidenza elementi simmetrici di un oggetto si può sostituire alla vista completa dell'oggetto quella dell'elemento, sempre che questo non dia luogo ad ambiguità di interpretazione. Queste devono essere collegate alla vista dell'oggetto a cui si riferiscono con linea mista fine e disegnate con linea di contorno grossa.



- **LINEE** Le linee principali che si rappresentano in una vista sono:
 - Gli spigoli, che rappresentano quei segmenti dove due superfici dell'oggetto si incontrano a formare uno spigolo vivo (senza continuità di tangenza).
 - I contorni, che rappresentano quei segmenti che delimitano l'oggetto o parti di esso.
 - I contorni nascosti nelle viste si possono rappresentare con linea a tratti fine: la loro rappresentazione è richiesta solo qualora il disegno non sia comprensibile senza di esse.

- **RACCORDI** Le superfici degli oggetti reali spesso non si intersecano a formare uno spigolo vivo ma vengono RACCORDATE. Non essendoci spigolo non ci sono teoricamente linee in vista e in alcuni casi questo può rendere difficile l'interpretazione del disegno. In questi casi si possono utilizzare spigoli finti, rappresentati da linea fine che non tocca i contorni.
- **ASSI DI SIMMETRIA** Gli assi di simmetria di una figura devono essere sempre rappresentati, ove presenti, e indicati con linea mista fine. Nel caso della circonferenza si rappresentano per convenzione due assi ortogonali.

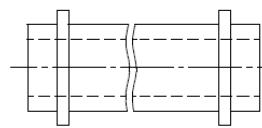
Se una figura possiede uno o due assi di simmetria è consentito rappresentarne solo metà o un quarto: gli assi di simmetria devono essere allora contrassegnati da due tratti brevi paralleli.



- **VISTA PARZIALE E INTERROTTA** Quando un oggetto è molto grande e si vuole mettere in evidenza solo una parte di esso si può ricorrere a una vista parziale, la quale è delimitata da linee fini irregolari. La vista interrotta consiste invece nell'escludere, per motivi di spazio, una parte poco significativa dell'oggetto dalla rappresentazione.
- Quando la chiarezza del disegno lo richieda le superfici piane possono essere indicate con due diagonali sottili tracciate con linea continua fine.



Vista parziale



Vista interrotta

LE SEZIONI

Si usano per rappresentare delle particolarità del complessivo non rappresentabili chiaramente in vista. Si può sezionare un oggetto con:

- Un solo piano;
- Due o più piani, concorrenti;
- Due o più piani paralleli;
- Superficie cilindriche di direttrice assegnata

Per la disposizione delle sezioni valgono le regole delle viste.

I piani di sezione devono essere individuati dalle loro tracce eseguite con una linea mista fine e grossa, contraddistinta ai due estremi con frecce orientate nel senso di proiezione e da lettere maiuscole uguali che identificano la sezione. I tratti grossi devono essere ripetuti ad individuare i passaggi da un piano all'altro. La rappresentazione della sezione deve riportare le lettere d'identificazione, separate da un trattino (es:A-A), sopra la proiezione stessa.

L'indicazione dei piani di sezione può essere fatta indipendentemente su viste e sezioni, e anche in quest'ultimo caso si intende sezionato il pezzo intero.

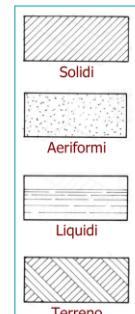
- **CAMPITURA** Le parti giacenti sul piano di sezione devono essere distinte da quelle in vista con una campitura eseguita con linee continue fini equidistanti orientate di 45° (min30°max60) rispetto all'asse del pezzo o ad una linea di contorno.

Parti diverse di uno stesso pezzo devono essere campite con linee con la stessa inclinazione e passo. Sezioni di pezzi diversi a contatto vengono distinte inclinando diversamente le linee di campitura e variandone il passo, o ricorrendo a tratteggio incrociato.

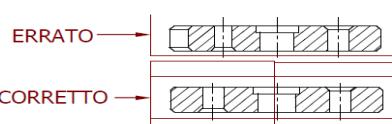
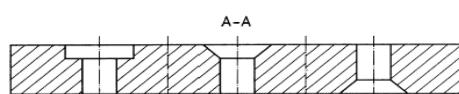
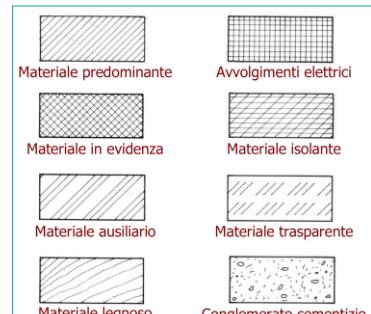
Il passo delle linee di campitura deve essere proporzionale all'area interessata (per superfici grandi può essere limitata alla zona adiacente al loro contorno, per quelle piccole si può ricorrere ad annerimento completo). La campitura va interrotta in presenza di iscrizioni o indicazioni.

- **SEZIONI CON PIANI PARALLELI** Nelle sezioni con piani paralleli le sezioni hanno lo stessa inclinazione e lo stesso passo ma vengono sfalsate di metà del passo passando da un piano di sezione all'altro. La discontinuità nella sezione va indicata con linea mista fine.
- **SEZIONI CON PIANI INCIDENTI** Specialmente con oggetti in rotazione si può rappresentare in un'unica sezione il risultato del taglio di due piani incidenti. Il piano di proiezione deve essere parallelo a uno dei due piani di sezione e la parte del pezzo che risulterebbe di scorcio deve essere ribaltata sul piano di proiezione.

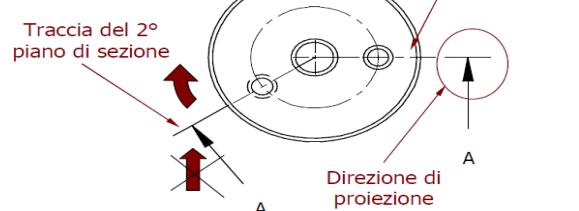
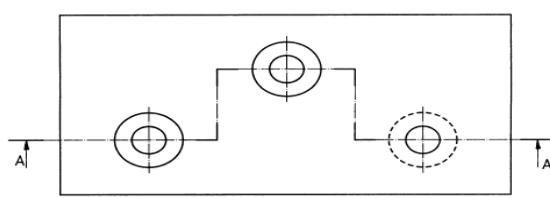
Tratteggi generali



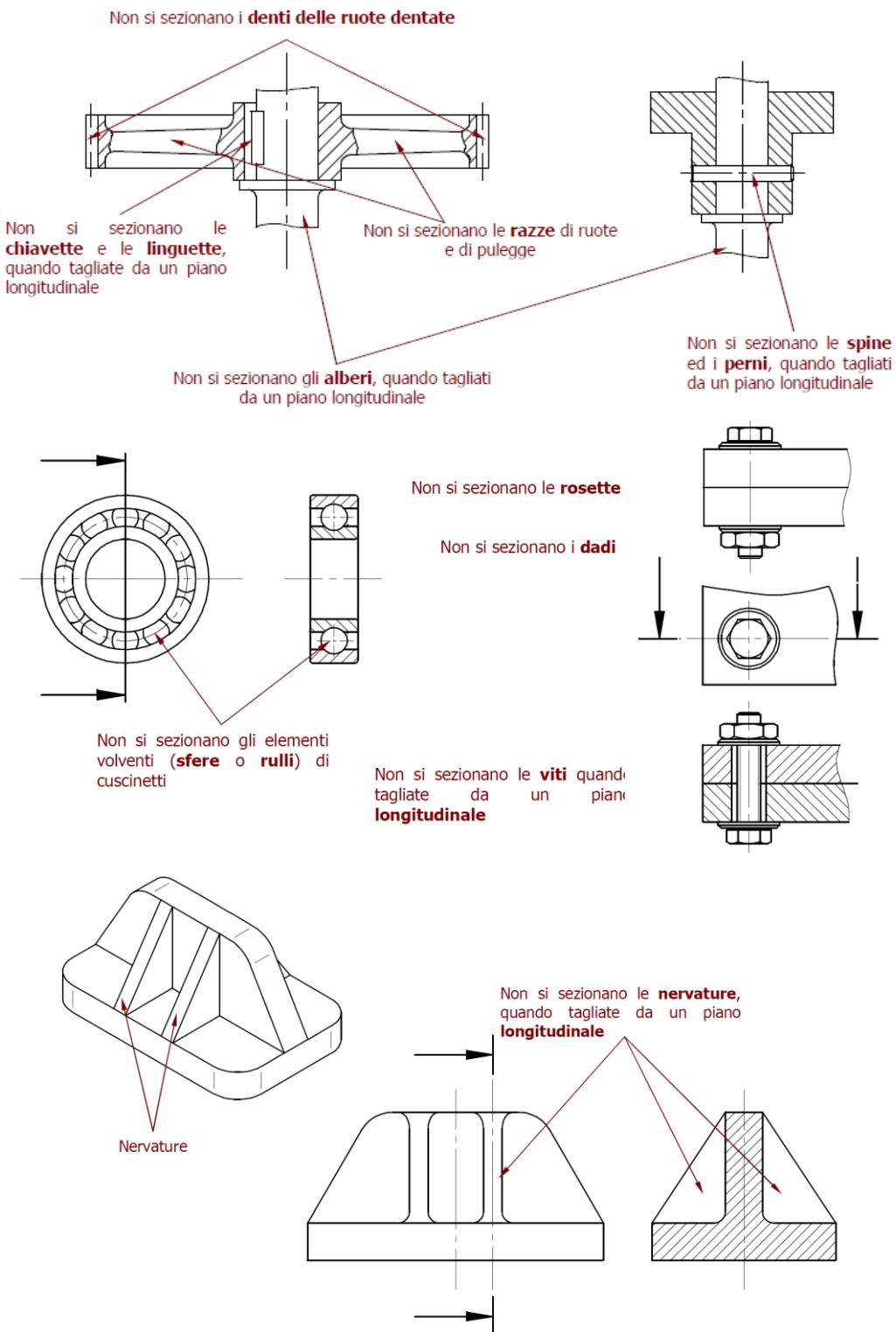
Tratteggi specifici per materiali solidi



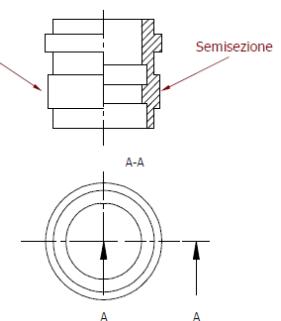
Sezione A-A



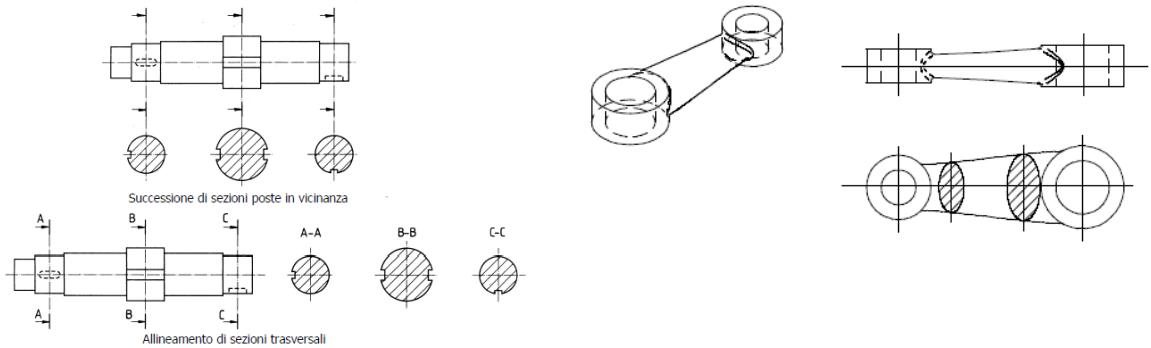
- **ECCEZIONI** Elementi a simmetria cilindrica o parti sottili non si sezionano quando il piano di sezione contiene l'asse o è un piano di simmetria longitudinale per il piano stesso (perni, viti, dadi, rosette, chiodi, perni, linguette, chiavette, denti di ruote dentate o profili scanalati, alberi, sfere...).



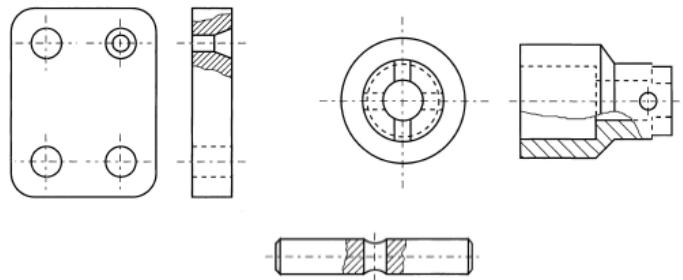
- **METÀ SEZIONE** I pezzi simmetrici rispetto a un asse possono essere rappresentati metà in vista e metà in sezione.



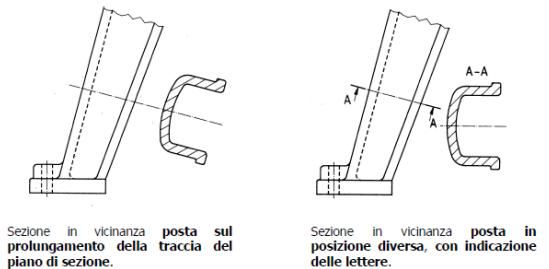
- **SEZIONE IN LOCO** Per pezzi di forma particolare si può ribaltare la sezione in loco, o sul prolungamento della traccia del piano di sezione; nel primo caso in contorno della sezione è eseguito con linea sottile, nel secondo grossa, ma in entrambi si disegna solo ciò che sta sul piano di sezione.



- **SEZIONE PARZIALE** Qualora la particolarità da mettere in risalto interessa una zona particolare del disegno si può ricorrere a una sezione parziale senza indicare la traccia del piano. Essa è delimitata da un linea continua fine irregolare e non può essere interrotta in corrispondenza di linee in vista.



- **SEZIONI IN VICINANZA** Si possono disegnare sezioni direttamente sul prolungamento della traccia del piano di sezione o in una posizione laterale anche ruotata ma contraddistinta dalle lettere.

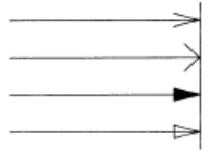


3.LA QUOTATURA

Per rappresentare un particolare è necessario darne in modo chiaro e univoco le dimensioni, che riportate sul disegno prendono il nome di QUOTE. Una quota esprime quindi:

- La misura dell'elemento;
- La misura della distanza fra due elementi.

Il valore numerico della quota viene riportato sulla LINEA DI MISURA che viene delimitata dalle LINEE DI RIFERIMENTO. Entrambe queste linee devono essere eseguite con linea continua fine e le prime terminano con una freccia unificata (in uno stesso disegno vanno usate frecce di diverso tipo).



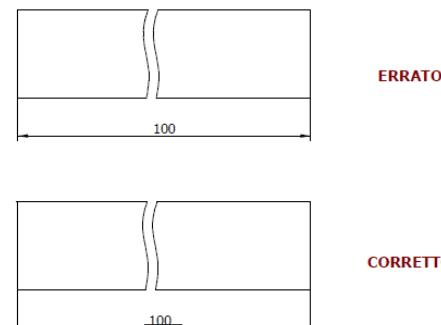
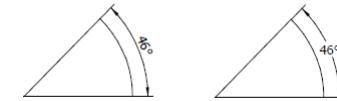
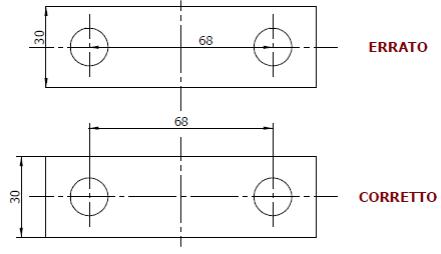
Nel loro tracciamento vanno eseguite le seguenti regole:

- LINEE DI MISURA

- Le linee di misura non devono coincidere con assi, linee di contorno o di riferimento, mentre assi e linee di contorno e i loro prolungamenti possono essere usate come linee di riferimento;
- Le linee di misura non devono intersecare altre linee del disegno, comprese le linee di riferimento; a tale scopo le linee di misura minori devono essere disposte vicino alla rappresentazione e quelle maggiori progressivamente più lontane;
- Esse devono essere tracciate al di fuori della figura;
- Devono essere sufficientemente distanziate tra loro e dalle linee di contorno;
- Linee di misura successive devono essere disposte l'una sul prolungamento dell'altra;
- Le linee di misura devono essere disposte parallelamente alla dimensione alla quale si riferiscono; nel caso di archi o angoli devono avere la forma di archi di circonferenza con centro nel vertice dell'angolo o nel centro della circonferenza;
- Le linee di misura devono essere perpendicolari alle relative linee di riferimento;
- Le linee di misura devono essere sempre tracciate interamente anche se si riferiscono a pezzi rappresentanti con interruzione; la quota di queste dimensioni deve essere sottolineata (quote fuori scala);
- Le linee di misura devono riferirsi solo a dimensioni di parti dell'oggetto che sono in vera grandezza nel disegno;

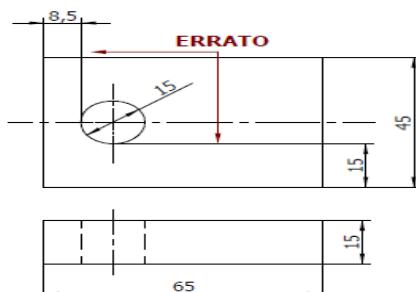
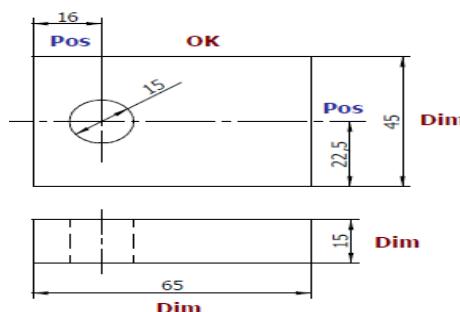
- LINEE DI RIFERIMENTO

- Le frecce terminali devono essere disposte internamente alle linee di riferimento; in mancanza di spazio si possono disporre esternamente o sostituire con dei puntini.
- Le linee di riferimento devono essere prolungate leggermente oltre il punto di intersezione con quelle di misura;



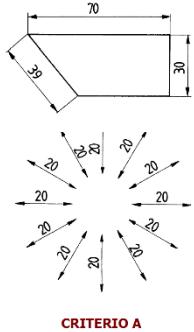
Le quote di dimensione determinano la dimensione degli elementi geometrici. Le quote di posizione stabiliscono la posizione relativa degli elementi geometrici.

N.B.: la posizione di fori va sempre definita con riferimento all'asse.

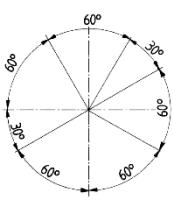


QUOTE Le quote devono essere scritte in corrispondenza della linea di misura e non sovrapposte a linee del disegno. Le unità di misura sono il millimetro per le dimensioni lineari e il grado sessagesimale per le dimensioni angolari. Qualunque sia la scala del disegno esse devono sempre indicare le dimensioni reali dell'oggetto. Le quote possono essere disposte secondo uno dei due criteri (uno solo a disegno):

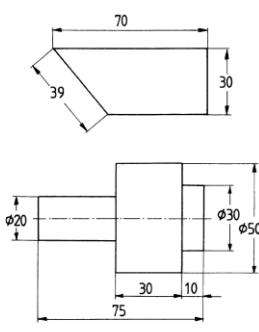
- CRITERIO A: Le cifre stanno sopra le linee di misura e parallelamente ad esse. Devono essere leggibili dal basso o da destra, e per le quote disposte su linee di misura oblique e quelle angolari si deve utilizzare l'orientamento in figura.
- CRITERIO B: Le quote devono poter essere lette solo dal basso e si inseriscono nelle linee di misura verticali e oblique che vengono a tale scopo interrotte. Le quote angolari sono disposte come in fig.



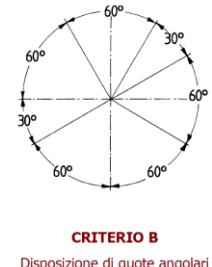
CRITERIO A
Disposizione di quote lineari



CRITERIO A
Disposizione di quote angolari



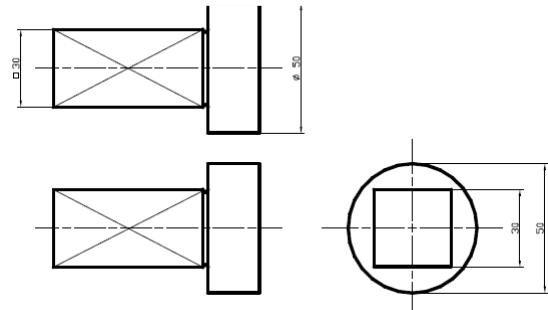
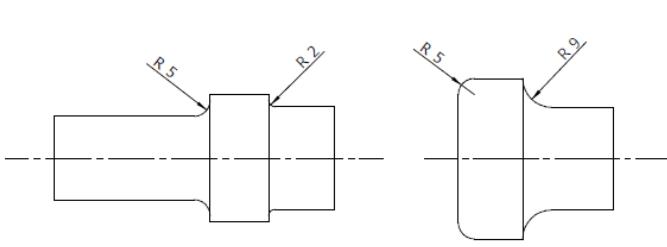
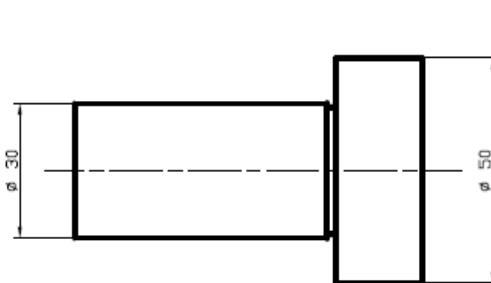
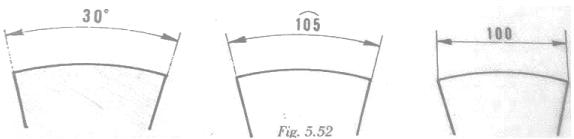
CRITERIO B
Disposizione di quote lineari



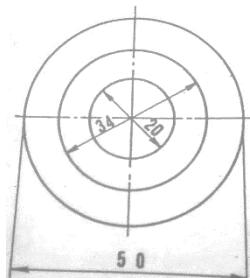
CRITERIO B
Disposizione di quote angolari

CONVENZIONI PARTICOLARI:

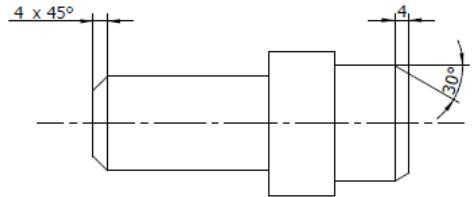
1. Angoli, archi e corde si quotano come in figura.
2. Quando non sia chiaro dal disegno le quote di diametri e di lati di quadrati devono essere precedute dai simboli \emptyset o \square . Le quote dei raggi devono essere precedute dalla lettera R e raggi e diametri della sfera devono essere preceduti dalla lettera S. Non deve indicarsi il simbolo di diametro quando dalla vista risulta evidente che la quota è riferita a un cerchio. Di un cerchio si quota sempre il diametro e non il raggio.



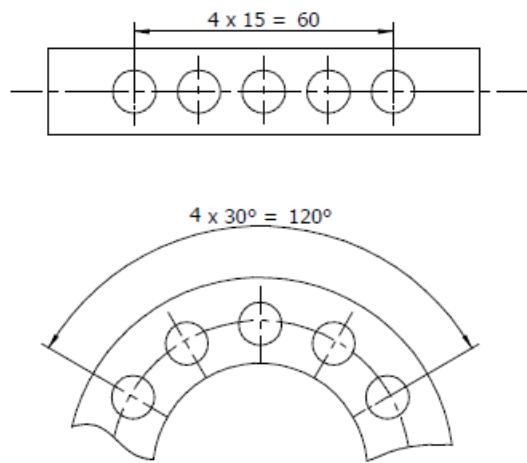
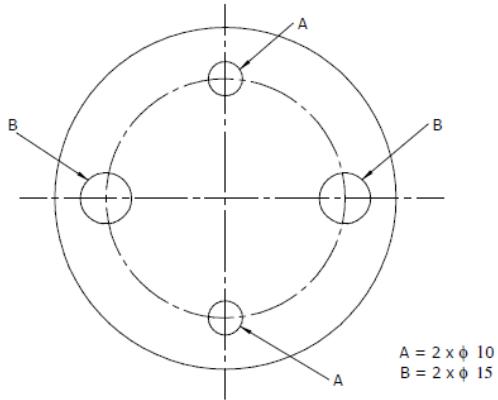
3. Le quote del diametro dei cerchi in pianta devono essere riportate su linee di misura parallele a un asse principale, e al massimo due quote possono essere indicate su linee passanti per il centro e inclinate di 30° e 45° .



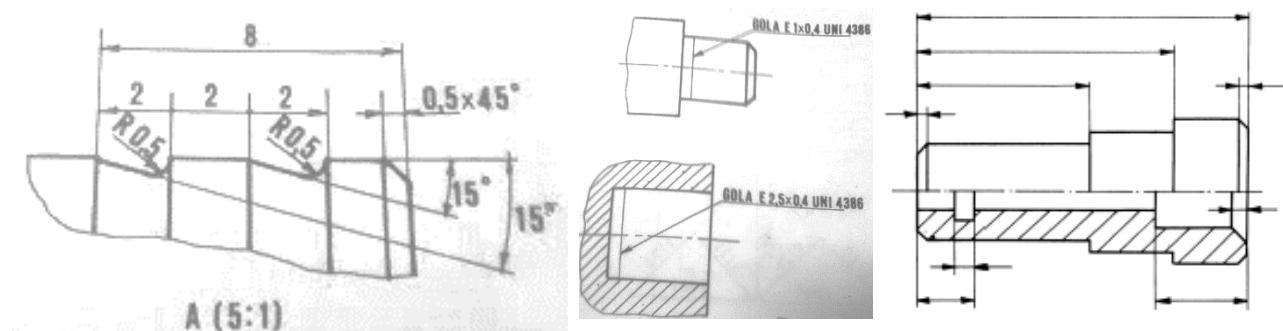
4. Gli smussi devono essere quotati con l'altezza della superficie smussata e l'angolo di smusso (per quelli di 45° si usa la notazione semplice di figura).



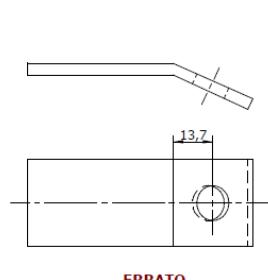
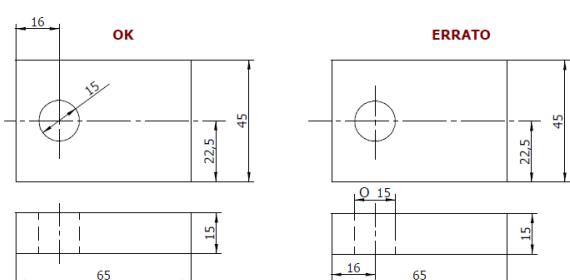
5. Elementi ripetuti equidistanti possono essere indicati insieme come in figura.
6. Qualora elementi diversi regolarmente o irregolarmente si trovino sullo stesso disegno, si possono usare lettere di richiamo come in figura.



7. Quando la scala è troppo piccola per permettere la rappresentazione e la quotatura chiara di un elemento, questo può essere contornato da una linea sottile fine, identificato da una lettera maiuscola e rappresentato a parte in scala più grande che deve essere indicata fra parentesi a fianco della maiuscola.
8. Per le gole di scarico si può usare la rappresentazione semplificata e quotatura di figura.
9. Per pezzi in semisezioni le quote relative alle parti esterne si indicano nella semivista, quelle relative alle parti interne nella semisezione.



10. In mancanza di spazio è possibile disporre quote al di fuori della linea di misura o sul suo prolungamento.
11. Le quote non devono essere riferite ad elementi non in vista.
12. In una vista le quote devono riferirsi solo ad elementi che risultano paralleli al piano di proiezione, ovvero non è possibile quotare elementi rappresentati di scorcio.



DIMENSIONI DEGLI ORGANI DI MACCHINA

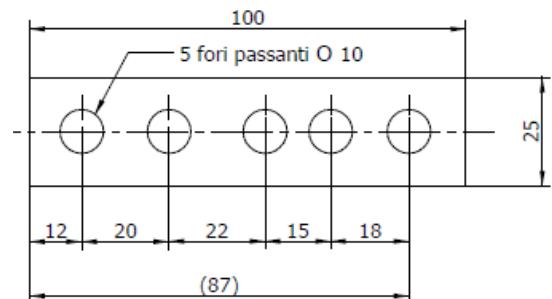
Le dimensioni degli organi di macchina vengono ricavate in base a calcoli che tengono conto della resistenza del materiale usato e può quindi accadere che organi di macchina simili abbiano dimensioni di poco diverse.

Per evitare problemi sono state definite delle serie di dimensioni nominali per organi di macchina, in modo da avere la possibilità, in fase di progettazione di un organo di macchina, di scegliere una delle dimensioni contenute in una delle serie unificate. La scelta della serie di dimensioni è stata fatta prendendo come base la serie di NUMERI NORMALI (o di Renard) e si sono create quattro serie: la R5 di ragione geometrica 1.6, la R10 di ragione 1.25, quella R20 di ragione 1.12 e quella R40 di ragione 1.06.

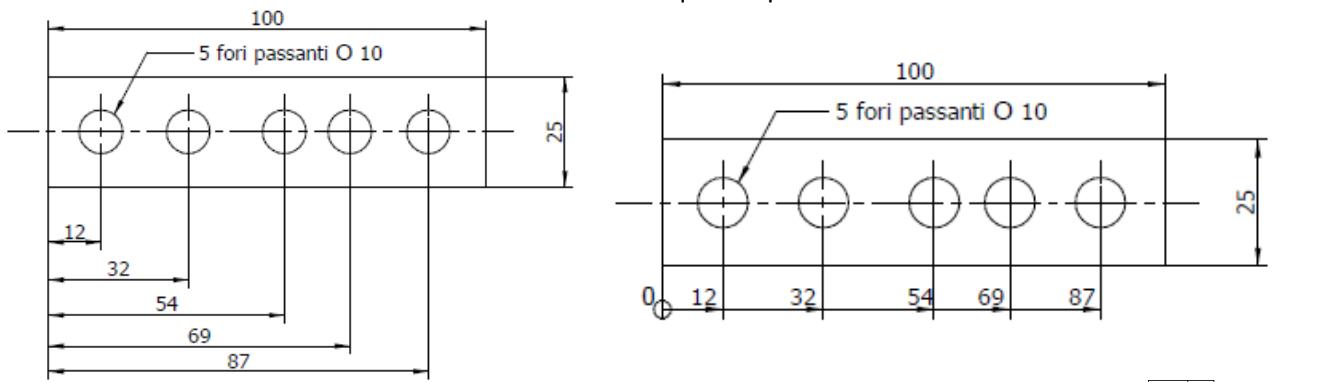
SISTEMI DI QUOTATURA

Sono quattro definiti dalla tabella UNI 3974:

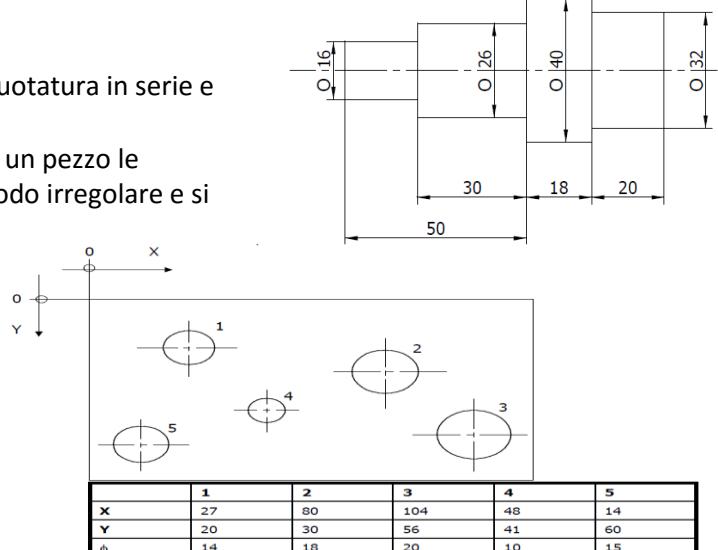
- **QUOTATURA IN SERIE:** in essa le distanze fra elementi contigui hanno importanza preponderante sulla posizione rispetto ad un determinato riferimento. Gli errori delle singole quote si sommano sulla quota totale, la quale non viene identificata perché si evince dalle altre quote. Viene usata quando è importante la lunghezza di ogni singolo elemento e quando l'accumulo degli errori non compromette la funzionalità del pezzo.



- **QUOTATURA CON ORIGINE COMUNE:** più quote con la stessa direzione hanno un unico riferimento. Questo sistema evita l'accumulo di errori, e ha due varianti:
 - Quotatura in parallelo: tutte le quote sono date rispetto a un riferimento comune il quale viene così messo in particolare risalto.
 - A quote sovrapposte: La quotatura sovrapposta non è altro che una quotatura in parallelo semplificata in cui viene usata solo una linea di misura; l'elemento di origine viene indicato con un circoletto di 3mm di diametro ed assume la quota 0, le singole quote vanno scritte o sul prolungamento della corrispondente linea di riferimento o vicino alla freccia dell'unità di misura. In alcuni casi è conveniente usare questa quotatura in due direzioni.

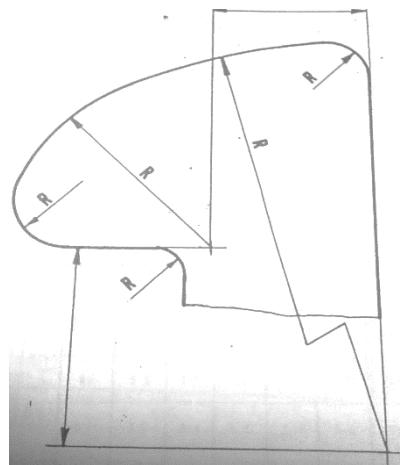
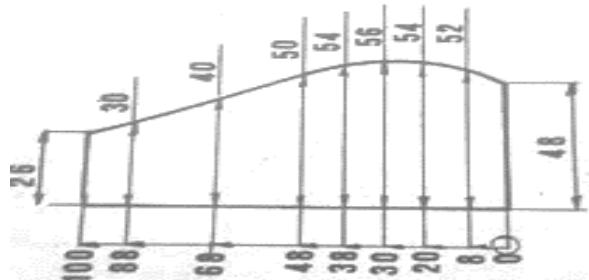


- **QUOTATURA COMBINATA:** è un insieme della quotatura in serie e di quella in parallelo;
- **QUOTATURA IN COORDINATE:** si usa quando su un pezzo le posizioni da quotare sono molte e disposte in modo irregolare e si voglia alleggerire il disegno raggruppando le quote su una tabella a parte. Si può avere la quotatura in coordinate cartesiane, in coordinate polari, e coordinate polari con rullo di misura.



QUOTATURA DI ELEMENTI PARTICOLARI

I "profili" possono essere individuati mediante i centri e i raggi di curvatura delle loro parti; quando il centro dell'arco è fuori dal campo della rappresentazione, le linee di misura dei raggi possono essere spezzate o interrotte secondo che debbono indicare o no la posizione del centro. Si può usare anche una quotatura a coordinate indicando la posizione di un determinato numero di punti del profilo stesso (figura).



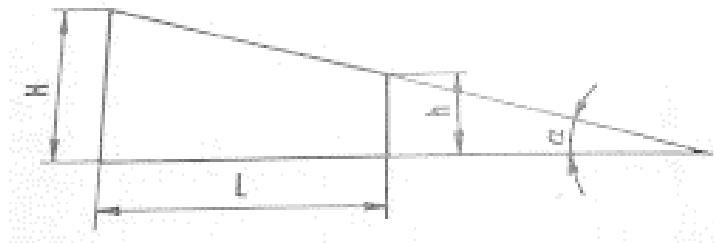
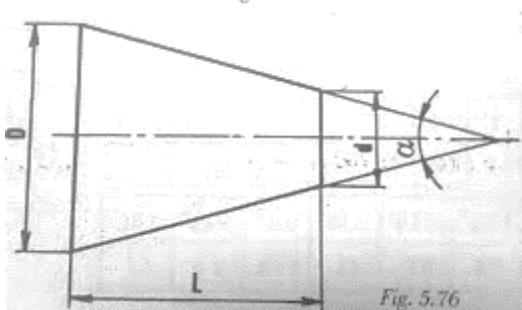
Dato un pezzo di forma conica o tronco conica si definisce CONICITÀ il rapporto:

$$C = \frac{D - d}{L} = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

(Dove D indica il diametro della base maggiore, d della base minore, L l'altezza e α l'angolo tra le generatrici).

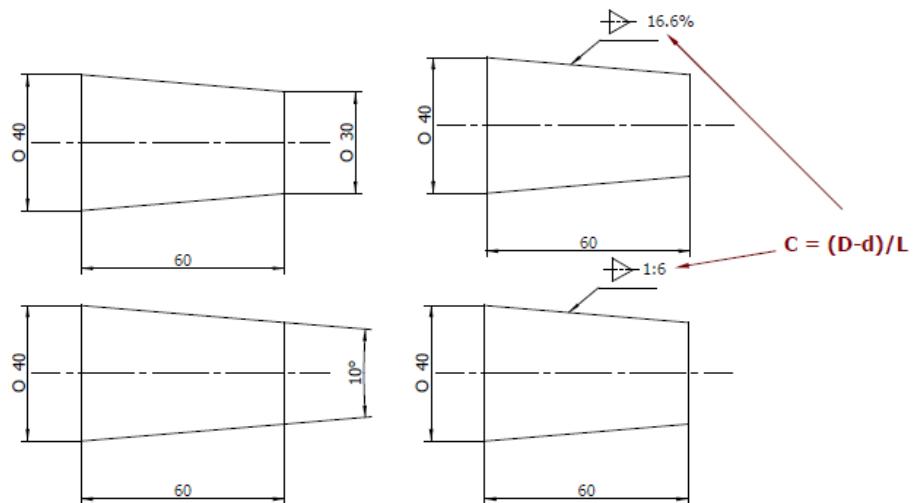
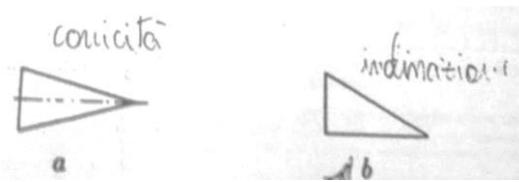
Quando si ha una faccia piana inclinata rispetto a una direzione, si definisce INCLINAZIONE IL RAPPORTO:

$$I = \frac{H - h}{L} = \operatorname{tg} \alpha$$



Conicità e inclinazione si quotano indicando il numero necessario e sufficiente delle grandezze che concorrono a individuarle.

Esse possono essere indicate direttamente sul disegno precedute dai simboli a e b di figura (si possono esprimere come rapporto o in percentuale).



Gli oggetti e elementi unificati possono essere non quotati, ma individuati mediante la relativa designazione normalizzata, o altri codici.

STATO DELLA SUPERFICIE

La rugosità della superficie è costituita dagli errori microgeometrici, dovuti all'azione dell'utensile, e non a imperfezioni delle macchine e attrezzature, che danno luogo a errori macrogeometrici (ondulazioni superficie ecc...).

La tabella UNI 3963 definisce per caratterizzare lo stato della superficie il parametro della RUGOSITÀ.

Abbiamo diverse definizioni di superficie:

- **SUPERFICIE NOMINALE:** è quella superficie geometrica che idealmente delimita il corpo e lo separa dall'ambiente ed è rappresentata in modo convenzionale sul disegno;
 - **SUPERFICIE REALE:** è quella che delimita effettivamente il corpo e lo separa dall'ambiente;
 - **SUPERFICIE RILEVATA:** è l'immagine approssimativa della superficie reale come viene descritta da strumenti; la misura della rugosità è affidata al rugosimetro che funziona in maniera analoga alla puntina del grammofono, registrando le asperità di superficie;
 - **SUPERFICIE DI RIFERIMENTO:** è quella utilizzata come riferimento nel rilievo degli errori geometrici;
 - **SUPERFICIE MEDIA:** è quella con forma uguale alla nominale, con giacitura tale che la somma dei quadrati delle distanze dei suoi punti dalla superficie reale sia minima
 - **SUPERFICIE INVILUPPO:** è quella con forma uguale a quella nominale, che appoggiata a quella reale la tocca almeno in 3 punti.

Fig. 5.82

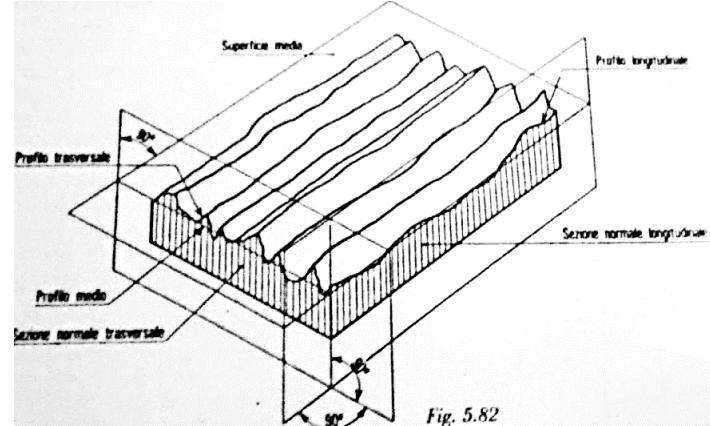
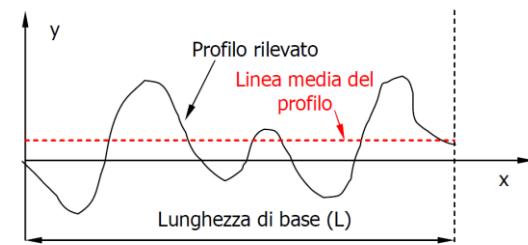


Fig. 5.82

Le intersezioni di queste superfici con un piano normale alla superficie media (piano di rilievo) sono dette rispettivamente profilo nominale, reale, rilevato, di riferimento, medio e inviluppo.

LINEA MEDIA DI PROFILO E RUGOSITÀ

Per la determinazione della rugosità si sceglie un tratto l del profilo rilevato, detto LUNGHEZZA DI BASE (dell'ordine di qualche mm); su questo tratto s'individua la LINEA MEDIA DEL PROFILO, che ha la forma del profilo nominale e divide il profilo rilevato in modo che, entro i limiti della lunghezza di base, la somma dei quadrati delle ordinate dei punti del profilo rilevato rispetto alla linea media sia minima.



Assunto come asse x_M, la rugosità R_a (espressa in μm) è il valore medio dei valori assoluti delle ordinate del profilo rilevato rispetto alla sua linea media, ossia:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y| dx$$

I valori di R da prescrivere sono riportati in tabella e fra questi sono da preferirsi quelli in neretto; la lunghezza minima di base deve essere scelta in funzione di R seguendo sempre la tabella. I valori di rugosità possono essere indicati anche attraverso le corrispondenti CLASSI DI RUGOSITÀ, cosa utile nei disegni destinati a paesi con misure imperiali. La lunghezza minima di base deve essere scelta in funzione del valore R.

La rugosità fornisce un valore di finitura superficiale medio che non discrimina però il tipo di irregolarità: ad esempio pochi picchi elevati potrebbero sortire lo stesso effetto di molti picchi più bassi.

PS. Operativamente il rugosimetro fornisce un valore di R_a calcolato su una lunghezza maggiore di quella di base (lunghezza di esplorazione). Il valore che ne risulta è la media dei valori calcolati su più lunghezze base.

INDICAZIONE DELLA RUGOSITÀ

Nei vecchi disegni le indicazioni sullo stato della superficie erano espressi dai SEGNI DI LAVORAZIONE (tabella).

Indicazione della natura della superficie mediante i segni della UNIM 36*		Indicazione dello stato della superficie mediante la rugosità R_a e i segni della UNI 4600	
Segno grafico	Significato	Segno grafico	Significato
	**		
	Superficie rettificata		
	Superficie lasciata ottenuta mediante lavorazione d'utensile a macchina od a mano		
	Superficie sgrossata, ottenuta mediante lavorazione d'utensile a macchina od a mano		

Supernice lavorata con asportazione di truciolo avente una rugosità massima R_a uguale rispettivamente a 0,2, 0,8, 3,2 e 12,5 μm . Lo stesso segno può essere utilizzato per indicare il tipo di lavorazione con cui ottenere la rugosità indicata. Per esempio:

I segni grafici che si adottano ora sono unificati nella norma UNI 4600. Essi sono costruiti come in figura dove:

- Indica il valore di rugosità espresso in micrometri o la classe di rugosità;
- Indica il tipo di lavorazione, trattamento o rivestimento superficiale;
- Indica il valore della lunghezza di base in mm;
- Indica il simbolo dell'orientazione preferenziale dei solchi (tabella);
- Indica il sovrametallo di lavorazione in mm;
- Altri dati relativi alla rugosità.

Il simbolo varia anche se rappresenta uno stato superficiale ottenuto con lavorazione qualunque (a) con asportazione di truciolo (b), senza asportazione di truciolo (c) o uguale a quello di una precedente lavorazione (d).

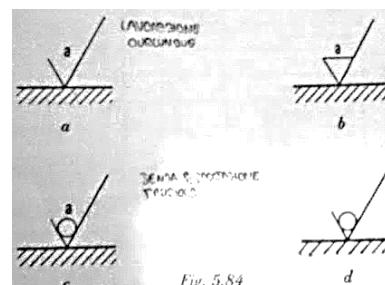
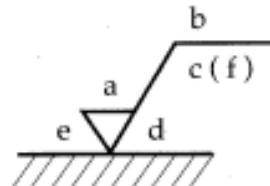


Fig. 5.84

Il simbolo può essere applicato direttamente sulla traccia della superficie, su una linea che rappresenta un prolungamento della stessa o su una linea di richiamo. Le figure a fianco mostrano come devono essere disposte le indicazioni relative alla superficie. Se per tutte le superfici di un oggetto è richiesto il medesimo stato, l'indicazione relativa può essere fatta con una nota posta presso la rappresentazione dell'oggetto, in prossimità del cartiglio o nello spazio delle note. Se per la maggior parte delle superfici è richiesto un certo stato superficiale si procede come in figura. Lo stato delle superfici delle ruote dentate o dei fianchi dei filetti si indicano come in figura.

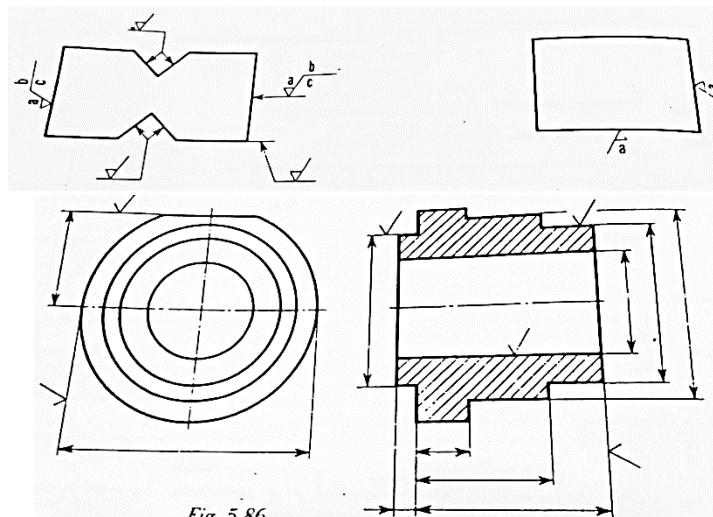


Fig. 5.86

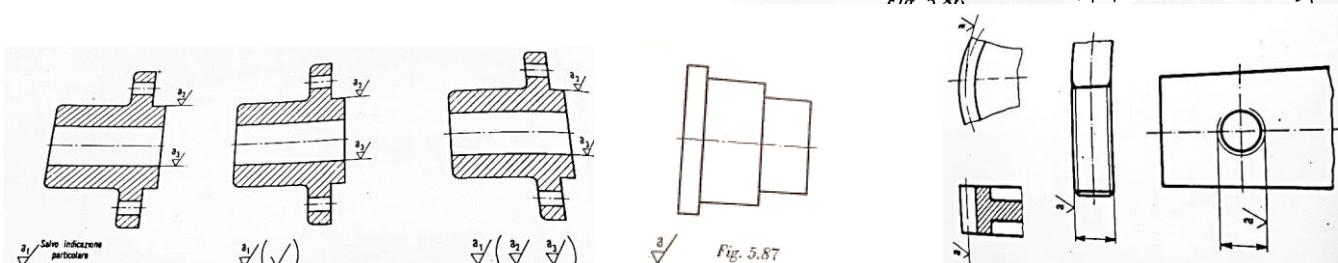


Fig. 5.87

* Solo indicazione particolare

L'indicazione dello stato della superficie è da effettuarsi solo quando siano indispensabili ad assicurare l'attitudine all'impiego e solamente per quelle superfici che lo richiedono (non è richiesta quando la lavorazione assicura di per sé uno stato superficiale adeguato alle esigenze).

Segni grafici per l'indicazione dei solchi di rugosità.

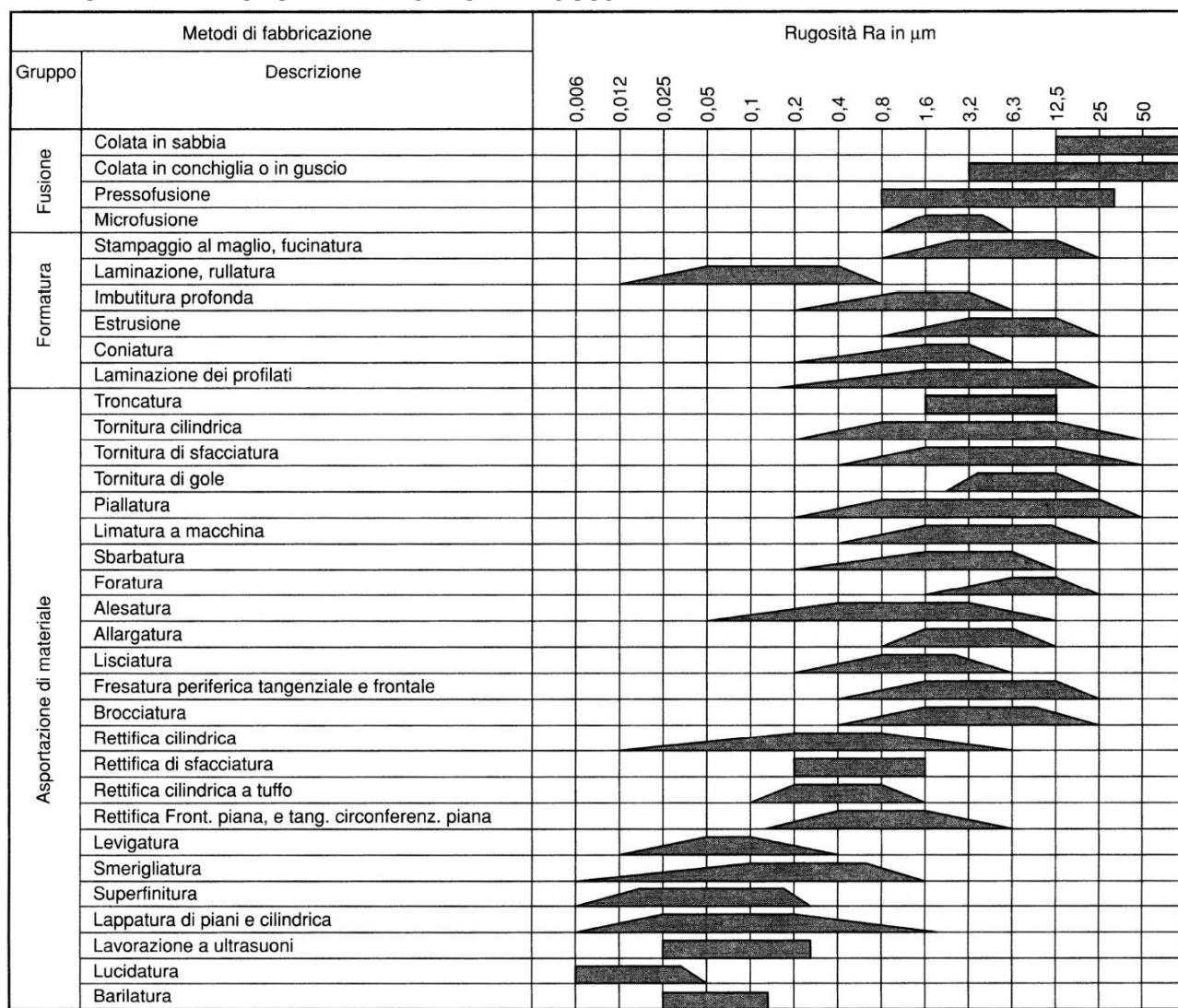
SIMBOLO	SIGNIFICATO
=	Solchi paralleli al piano di proiezione della vista sulla quale è applicato il segno grafico
⊥	Solchi ortogonali al piano di proiezione della vista sulla quale è applicato il segno grafico
X	Solchi incrociati in direzioni oblique rispetto al piano di proiezione della vista sulla quale è applicato il segno grafico
C	Solchi approssimativamente circolari rispetto al centro della superficie sulla quale è applicato il segno grafico
R	Solchi approssimativamente radiali rispetto al centro della superficie sulla quale è applicato il segno grafico
M	Solchi multidirezionali

RELAZIONE TRA TOLLERANZE E RUGOSITÀ

Una determinata tolleranza impone automaticamente dei limiti alla rugosità che quella superficie può avere. Non è vero però il contrario: assegnare una certa rugosità non implica l'assegnazione di una determinata tolleranza dimensionale.

Tolleranza fondamentale ISO	Superfici cilindriche con diametro in mm										Superfici piane	
	fino a 3		oltre 3 fino a 18		oltre 18 fino a 80		oltre 80 fino a 250		oltre 250			
	Tolleranze e rugosità Ra max (μm)											
	Toll.	Ra	Toll.	Ra	Toll.	Ra	Toll.	Ra	Toll.	Ra		
IT 6	6	0,2	8÷11	0,32	13÷19	0,5	22÷29	0,8	32÷40	1,25	1,25	
IT 7	10	0,32	12÷18	0,5	21÷30	0,8	35÷46	1,25	52÷63	2	2	
IT 8	14	0,5	18÷27	0,8	33÷46	1,25	54÷72	2	81÷97	3,2	3,2	
IT 9	25	0,8	30÷43	1,25	52÷74	2	87÷115	3,2	130÷155	5	5	
IT 10	40	1,25	48÷70	2	84÷120	3,2	140÷185	5	210÷250	8	8	
IT 11	60	2	75÷110	3,2	130÷190	5	220÷290	8	320÷400	12,5	12,5	
IT 12	100	3,2	120÷180	5	210÷300	8	350÷460	12,5	520÷630	20	20	
IT 13	140	5	180÷270	8	330÷460	12,5	540÷720	20	810÷970	32	32	
IT 14	250	8	300÷430	12,5	520÷740	20	870÷1150	32	1300÷1550	50	50	

RELAZIONE TRA METODO DI FABBRICAZIONE E RUGOSITÀ



RUGOSITÀ IN FUNZIONE DELLE APPLICAZIONI

L'indicazione di un grado basso di rugosità comporta l'aumento dei costi di produzione. È quindi bene prescrivere valori di rugosità bassi solo per quelle superfici che effettivamente lo necessitano da un punto di vista funzionale.

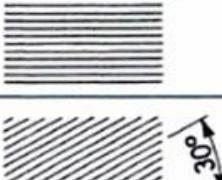
RUGOSITÀ (R_a , μm)	APPLICAZIONE
Costi di produzione ↑	0,025 Piani di appoggio di micrometri, specchi e blocchi di riscontro
	0,05 Facce di calibri d'officina e piani di appoggio comparatori
	0,1 Facce di calibri a corsoio. Utensili di precisione. Perni di articolazione. Superficie a contatto per tenuta fluidi senza guarnizione.
	0,2 Camme, supporti di alberi a gomiti e a camme. Guide tavole macchine utensili. Cuscinetti reggispinta ad alte velocità.
	0,4 Alberi scanalati. Superficie interna cilindri di motori. Bronzine. Valvole e saracinesche.
	0,8 Tamburi, freni. Denti di ingranaggi. Superficie di parti scorrevoli a contatto (pattini e guide).
	1,6 Superficie di tenuta con guarnizioni in gomma. Carter di riduttori e ingranaggi. Testate cilindri.
	3,2 Perni per trasmissioni a mano. Superficie di accoppiamento per parti smontabili.

ZIGRINATURE

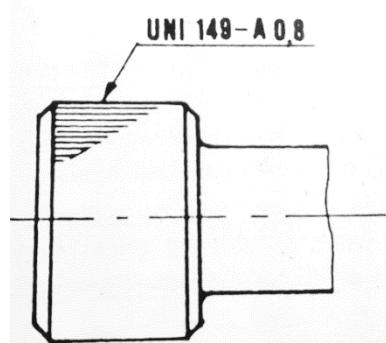
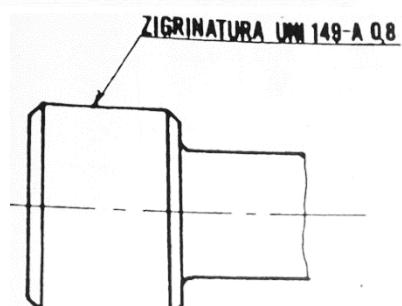
Sono rigature impresse alle superfici con un utensile a rullo e servono a facilitare la presa di oggetti cilindrici (perni e dadi cilindrici). Sono divise in sette tipologie e sono caratterizzate da:

- Il passo p della zigrinatura, ovvero la distanza tra due rigature successive misurata perpendicolarmente alla direzione delle stesse (sono previsti passi (0.5)-0.6-0.8-1-1.2-(1.5)-2 ma quelli fra parentesi andrebbero evitati).
- L'angolo del profilo α della zigrinatura, solitamente di 90° ;
- Il diametro nominale, ossia quello a zigrinatura finita, che è maggiore di quello di partenza detto diametro di rullatura, per effetto dello spostamento di materiale durante la lavorazione. La differenza tra il diametro nominale d_1 e il diametro di rullatura d_2 è funzione del passo p secondo i valori in tabella.

Tabella 10.41 — Tipi di zigrinature, rappresentazione e diametri di rullatura

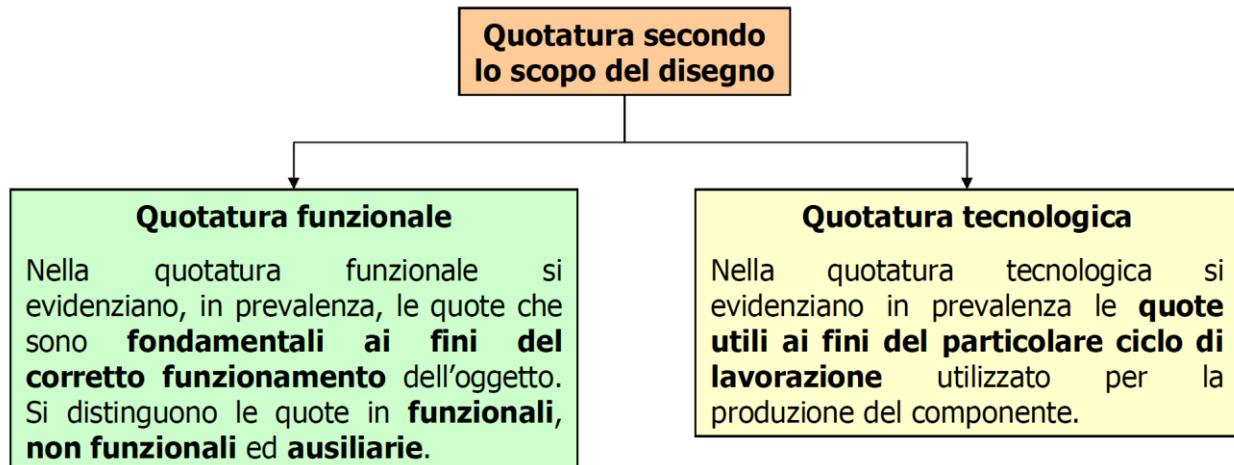
<i>Forma</i>	<i>Rappresentazione</i>	<i>Diametro di rullatura</i> d_2
<i>Simbolo</i>	<i>Denominazione</i>	
A	zigrinatura parallela	
B	zigrinatura sinistra	 $d_1 - 0,5 p$
C	zigrinatura destra	
D	zigrinatura spinata in rilievo	 $d_1 - 0,67 p$
E	zigrinatura spinata incavata	 $d_1 - 0,33 p$
G	zigrinatura incrociata in rilievo	 $d_1 - 0,67 p$
H	zigrinatura incrociata incavata	 $d_1 - 0,33 p$

La designazione sul disegno si fa come in figura usando l'indicazione ZIGRINATURA UNI 149-xyz, dove x è il tipo di zigrinatura, y il passo e z l'angolo del profilo (indicato solo se diverso da 90°). Il termine "zigrinatura" viene omesso se la zigrinatura è rappresentata con linee continue fini sul disegno.



REGOLE PER LA QUOTATURA

I sistemi di quotatura permettono di impostare correttamente il dimensionamento di un generico componente. Nella pratica industriale, tuttavia, spesso non è sufficiente che la quotatura di un oggetto sia corretta dal punto di vista geometrico. Si distinguono in particolare, due metodi di quotatura:



QUOTATURA FUNZIONALE

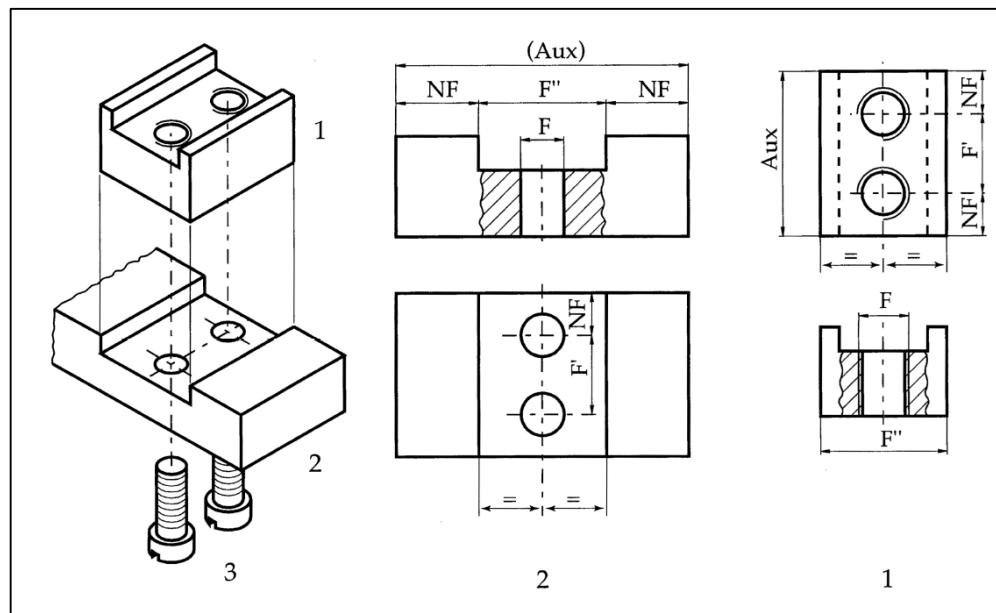
Definiamo:

- QUOTE FUNZIONALI, quelle essenziali alla funzione di un oggetto;
- QUOTE NON FUNZIONALI quelle non essenziali al funzionamento;
- QUOTE AUSILIARIE, quelle indicate solo a titolo informativo e ricavabili come combinazioni di altre quote fornite sul disegno (devono essere indicate fra parentesi).

Esempio 1

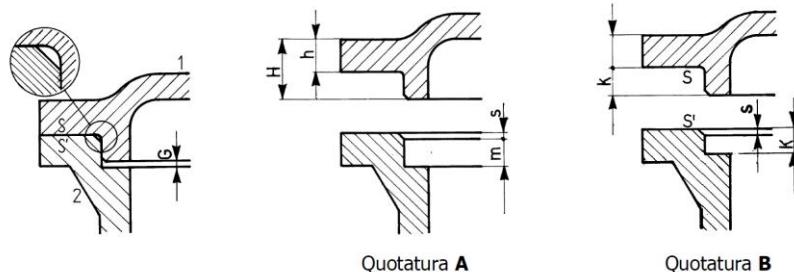
Abbiamo un componente con due fori filettati che deve accoppiarsi alla base mediante due viti. I requisiti funzionali di questo assieme sono i seguenti:

- Che i fori del particolare 2 consentano un passaggio agevole delle viti (\rightarrow la quota F è funzionale);
- Che l'interasse fra i fori nei due particolari sia identico (\rightarrow la quota F' è funzionale);
- Che la larghezza della scanalatura del particolare 2 sia uguale alla larghezza del componente 1 (\rightarrow la quota F'' è funzionale).



ESEMPI 2-3-4

Consideriamo il complessivo composto da: **un coperchio (1)** e da **un contenitore (2)**. Il requisito funzionale è che la chiusura possa avvenire correttamente. Ciò si realizza garantendo il contatto tra le superfici **S** ed **S'**.



Ci chiediamo quale dei due sistemi di quotatura è corretto, tra **A** e **B**.

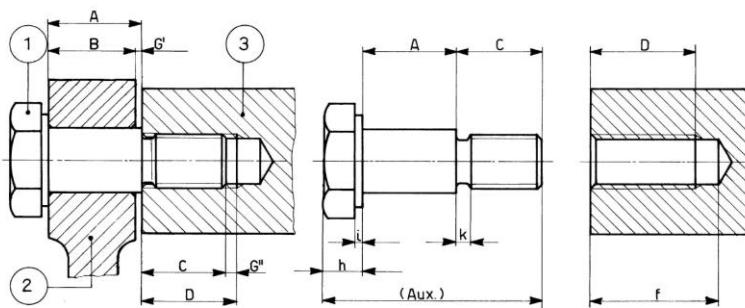
Osserviamo che le due soluzioni **sono equivalenti da un punto di vista geometrico**.

Notiamo, tuttavia, che **la soluzione B è preferibile** da un punto di vista funzionale, in quanto **permette l'immediato confronto delle quote K e k**.

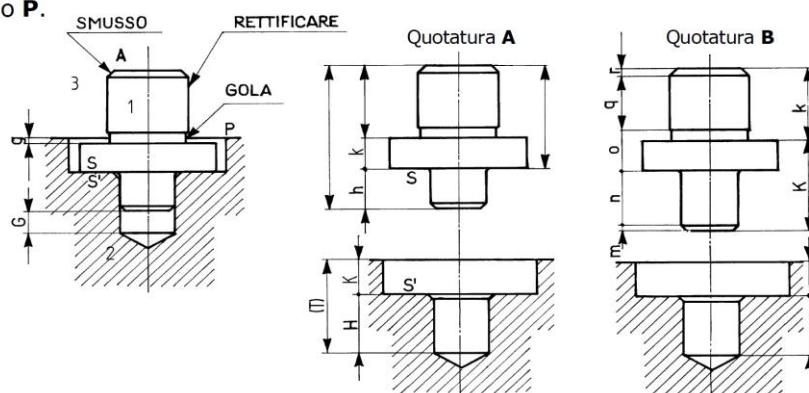
Infatti la funzionalità dell'insieme dipende dal gioco funzionale $G = K - k$. Nella soluzione **A** notiamo che non ha senso spezzare la quota di profondità **k** in **$m + s$** .

Consideriamo il complessivo composto da: **un perno filettato (1)**; **una biella (2)** e **un corpo (3)**. Il requisito funzionale è che **la biella possa ruotare attorno al perno**. Consideriamo per semplicità soltanto le quote assiali (analoghi ragionamenti possono ripetersi per le quote radiali). Per il corretto funzionamento si dovrà avere:

- che il gioco $G' = A - B$ sia maggiore di zero (\rightarrow le quote **A** e **B** sono funzionali);
- che la profondità di filettatura **D** della base sia maggiore della quota **C** del perno, ovvero che il gioco $G'' = D - C$ sia maggiore di zero (\rightarrow le quote **D** e **C** sono funzionali).



Consideriamo il complessivo composto da: **un puntalino (1)** **una base (2)** e **un pezzo (3)** non rappresentato. Il puntalino deve realizzare la centratura del pezzo 3 che appoggia sul piano **P**.



Ci chiediamo quale dei due sistemi di quotatura è corretto, tra **A** e **B**.

Osserviamo che le due soluzioni **sono equivalenti da un punto di vista geometrico**.

Notiamo che i giochi funzionali sono $G = H - h$ e $g = K - k$. Concludiamo che la quotatura da preferire è la **A**, in quanto consente una immediata verifica dei giochi funzionali attraverso il controllo delle coppie di quote **H,h** e **K,k**.

QUOTATURA TECNOLOGICA

Ha lo scopo di mettere in evidenza le quote che sono strettamente legate al processo di produzione. Essa dipende dunque dal particolare ciclo di lavorazione adottato per produrre un componente. La quotatura tecnologica e quella di fabbricazione possono coincidere o meno:

Quotatura funzionale e di fabbricazione coincidono

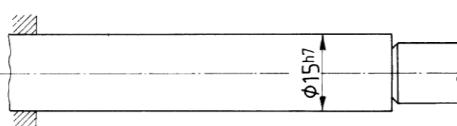
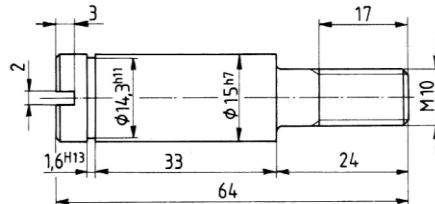
Non vi sono problemi per la determinazione delle quote di fabbricazione. Si utilizzano direttamente le quote funzionali.

Quotatura funzionale e di fabbricazione non coincidono

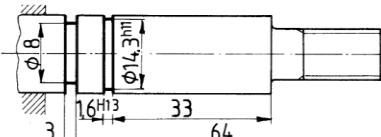
Occorre ricavare le quote di fabbricazione indirettamente dalle quote funzionali (**trasferimento di quote**). L'obiettivo è quello di studiare una **quotatura che conservi la funzionalità del pezzo e che rappresenti una soluzione economicamente valida**. In pratica le quote funzionali originarie **vengono sostituite da nuove quote con tolleranze proprie**.

Il trasferimento non è sempre possibile: in alcuni casi è necessario modificare le quote funzionali o le loro tolleranze.

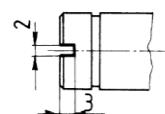
Vediamo come esempio la quotatura tecnologica di un perno filettato in relazione al ciclo di lavorazione.



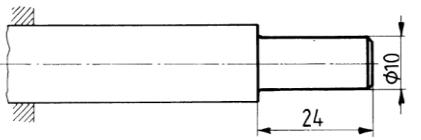
Operazione 1: tornitura cilindrica



Operazione 4: esecuzione sede per anello e pretaglio



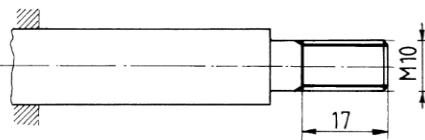
Operazione 7: fresatura testa



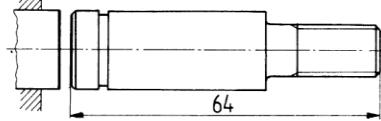
Operazione 2: tornitura cilindrica



Operazione 5: esecuzione smusso



Operazione 3: esecuzione filettatura

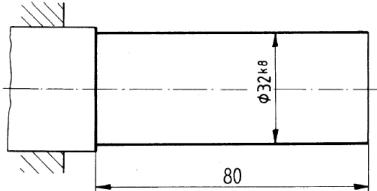


Operazione 6: taglio a lunghezza

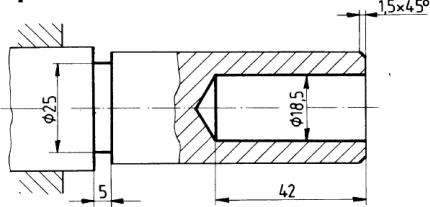
Regole extra:

- Una quota funzionale deve essere sempre indicata direttamente;
- Le quote vanno inserite in vera grandezza ed espresse con un'unica unità di misura.
- Le quote devono essere disposte su viste o sezioni che rappresentano più chiaramente possibile l'elemento da quotare.
- Ciascun elemento non deve essere quotato più di una volta sul disegno.
- Non devono essere indicate più quote di quante non siano necessarie alla completa definizione dell'elemento.
- I riferimenti generalmente usati sono assi, centri, punti di concorso di assi, superficie lavorate

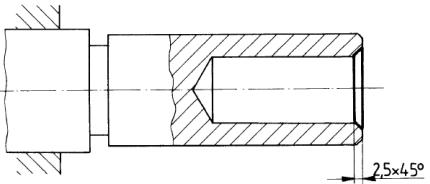
Vediamo come esempio la quotatura tecnologica di un perno senza testa in relazione al ciclo di lavorazione.



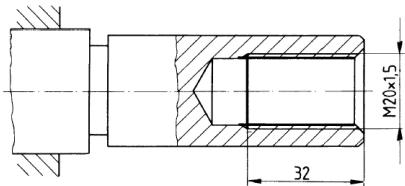
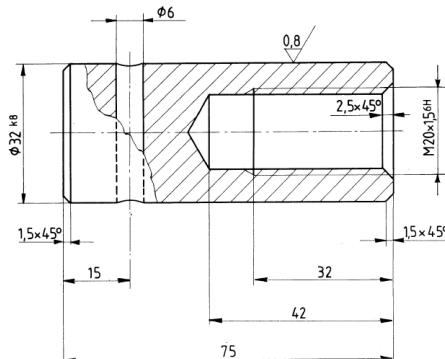
Operazione 1: tornitura cilindrica



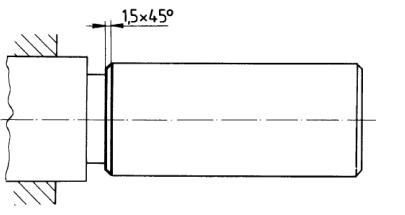
Operazione 2: esecuzione foro, smusso e pretaglio



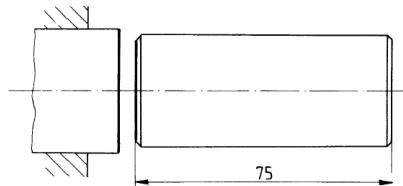
Operazione 3: esecuzione smusso



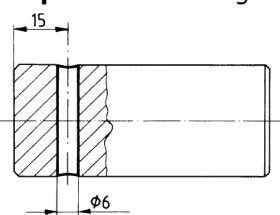
Operazione 4: esecuzione filettatura



Operazione 5: esecuzione smusso



Operazione 7: taglio a lunghezza



Operazione 8: esecuzione foro

ERRORI DA EVITARE

1. Indicare sempre il diametro dei fori (o parti cilindriche) quando presenti. In nessun caso il diametro dei fori deve essere dedotto per somma o differenza di altre quote
2. La posizione di fori o parti cilindriche deve essere quotata con riferimento all'asse
3. Non devono essere indicate quote che siano il risultato di operazioni di lavorazione

