ELEMENTI FONDAMENTALI DEL DISEGNO

Che cos'è il "disegno tecnico" ?

Disegno: rappresentazione bidimensionale, per mezzo di linee e segni, di un oggetto reale o immaginario.

Disegno tecnico: è uno *strumento* che permette, attraverso un *insieme convenzionale* di linee, simboli ed altre indicazioni, di fornire delle informazioni sulla **funzione**, sulla **forma**, sulle **dimensioni**, sulla **lavorazione** e sul **materiale** relativi ad un determinato oggetto.

La differenza principale tra **disegno** (es.: artistico) e **disegno tecnico** è che il primo è una **forma di comunicazione**, il secondo uno **strumento per la trasmissione oggettiva di informazioni**.

Evoluzione storica del disegno tecnico

Il disegno tecnico nasce alla **fine del Settecento** in concomitanza con la Rivoluzione Industriale.

In una prima fase il disegno rimane confinato in un ambito territoriale ristretto, spesso limitato ad una sola azienda. In questa fase nel disegno si ritrovano forme e consuetudini caratteristiche **dell'azienda**. Il disegno **manca di normazione**.

All'inizio dell'**Ottocento** compaiono le **quote** per l'indicazione delle dimensioni in maniera esplicita invece del riferimento alla scala.

Le **tolleranze dimensionali** cominciano ad apparire nei disegni a partire dall'**inizio del Novecento**.

Le **tolleranze geometriche** vengono impiegate diffusamente a partire dal **secondo dopoguerra**.

Caratteristiche del disegno tecnico

Univocità: l'interpretazione del disegno non deve dare adito a dubbi.

Fedeltà: il disegno deve essere fedele all'oggetto rappresentato.

Completezza: tutte le caratteristiche dell'oggetto rappresentato devono essere riportate nel disegno.

Trasferibilità: tutte le informazioni contenute nel disegno devono poter essere scambiate senza perdita tra utenti diversi.

Classificazione dei disegni tecnici in base al ciclo di vita

Disegno di concepimento (o disegno *preliminare*, o di *avanprogetto*). È costituito prevalentemente da schizzi e disegni più o meno completi, in cui la geometria non è definita in ogni dettaglio. Di solito non è realizzato secondo norma.

Disegno costruttivo (o *di definizione*). Riporta in modo completo la geometria e le prescrizioni funzionali del componente. Può essere realizzato secondo norma.

Disegno di fabbricazione (o *di produzione*). Riporta tutte le indicazioni necessarie alla fabbricazione ed al controllo di ciascun pezzo (es.: quote, tolleranze, rugosità, etc.). Deve essere realizzato secondo norma.

Classificazione dei disegni tecnici in base alla gerarchia di aggregazione

Disegno di complessivo (o disegno *di assieme*). Rappresenta l'insieme dei gruppi in condizioni di montaggio fino a definire la macchina completa. Di solito non riporta quote, se non gli ingombri complessivi.

Disegno di gruppo (o *di sottoassieme*). Rappresenta in modo completo un particolare gruppo funzionale. Può riportare alcune quote funzionali che debbono essere soggette a controllo.

Disegno di sottogruppo. Analogo al disegno di gruppo, ma ad un livello di gerarchia inferiore (maggiore livello di dettaglio)

Disegno di particolare (o *di produzione*). Rappresenta un singolo componente. Riporta tutte le indicazioni necessarie alla fabbricazione ed al controllo dello stesso (es.: quote, tolleranze, rugosità, etc.).

Disegno di dettaglio. Rappresenta parti di un componente, normalmente ingrandite, con indicazioni geometriche e costruttive.

Normazione e unificazione

La **normazione** è l'azione che porta a stabilire ed applicare regole in determinati settori, a vantaggio e con la collaborazione di tutti gli interessati con lo scopo di raggiungere un'economia ottimale. Oggetti tipici di normazione sono:

- **Unità di misura**;
- **Prodotti e metodi**;
- **Sicurezza delle cose e delle persone**;
- **Indicazioni di forma e di dimensione.**

La normazione definisce delle **specifiche** che debbono essere rispettate dall'elemento cui la normazione si riferisce.

L'**unificazione** è una forma di normazione che riunisce diverse prescrizioni dimensionali e di altro tipo. Gli scopi principali dell'unificazione sono:

- **La definizione di prodotti tra loro intercambiabili**;
- **La riduzione delle tipologie e delle varietà dei prodotti**.

Vantaggi e svantaggi dell'unificazione

VANTAGGI

- Eliminazione (o riduzione) delle sorgenti d'incertezza e confusione;
- Semplificazione;
- Riduzione dei tipi;
- Migliore comunicazione tra diverse aziende;
- Abbattimento dei costi

SVANTAGGI

- Limitazione alla varietà delle soluzioni possibili;
- Concentrazione della produzione nelle mani di chi ha elaborato la standardizzazione secondo le proprie metodologie;
- Ostacolo all'innovazione dovuto ai tempi di elaborazione e pubblicazione delle norme

Enti di normazione

Gli enti di normazione sono quegli organismi preposti ad emanare normative sui settori più disparati, tra i quali, ovviamente, il disegno. Si riportano qui alcuni enti di normazione nazionali ed internazionali. In questo corso si farà principalmente riferimento alle normative promulgate dall' Ente Nazionale di Unificazione (**UNI**).

Enti nazionali

- ✓ **UNI** *Ente Nazionale di Unificazione* (http://www.uni.com)
- ✓ **BSI** *British Standards Institution* (http://www.bsigroup.com)
- ✓ **ANSI** *American National Standards Institute* (http://www.ansi.org)
- ✓ **ASME** *American Society of Mechanical Engineers* (http://www.asme.org)
- ✓ **ASTM** *American Society for Testing and Materials* (http://www.astm.org)

Enti europei

- ✓ **CEN** *European Committee for Standardization* (http://www.cenorm.com)

Enti internazionali

- ✓ **ISO** *International Organization for Standardization* (http://www.iso.org)

Processo di elaborazione di una norma

Il processo di elaborazione di una norma può essere schematizzato in quattro fasi.

Messa allo studio: rappresenta la fase iniziale. Si può addivenire ad essa per posposta dei settori produttivi interessati o attraverso la revisione di norme già esistenti.

Stesura del documento: rappresenta la fase di redazione. È di solito svolta da un **gruppo di lavoro** che opera sotto la supervisione di una **commissione tecnica**.

Inchiesta pubblica: è la fase in cui il documento viene reso pubblico a tutte le parti interessate al fine di ottenere commenti e raccogliere il massimo consenso possibile

Ratifica e pubblicazione: una volta ratificata dal presidente dell'UNI la norma viene pubblicata ed è disponibile a catalogo.

Principi ispiratori di una norma

Consensualità: la norma deve essere approvata con il consenso di coloro che hanno partecipato ai lavori.

Democraticità: deve essere data la possibilità a tutte le parti interessate di partecipare ai lavori.

Trasparenza: il progetto deve essere sempre accessibile agli interessati durante l'iter di approvazione.

Volontarietà: costituisce un riferimento per le parti che si impegnano spontaneamente .

Livello di cogenza

A meno che non sia stata recepita in un provvedimento legislativo **una norma tecnica è di applicazione volontaria**.

Norma tecnica nazionale (UNI): documento messo a punto consensualmente da tutte le parti interessate che rappresenta lo "stato dell'arte". Si ricorre ad esse quando non vi è difficoltà nell'individuarlo univocamente.

Specifica tecnica nazionale (UNI/TS): documento messo a punto consensualmente da tutte le parti interessate che rappresenta uno "stato dell'arte" non ancora consolidato. Sono emanate al fine di consentire un periodo di applicazione e verifica delle conoscenze.

Rapporto tecnico nazionale (UNI/TR): descrive prodotti, processi e servizi a scopo informativo (approcci e prassi in uso).

Elementi base del disegno

Gli elementi base del disegno rappresentano quegli oggetti che, opportunamente combinati, costituiscono il disegno stesso. Gli elementi base del disegno sono:

- **i fogli;**
- **le linee;**
- **le scale;**
- **i numeri normali.**

Linee

Le linee rappresentano gli elementi fondamentali di un disegno tecnico. Si distinguono in base a due attributi: il tipo e lo spessore. I tipi e gli spessori utilizzabili sono stabiliti dalla normativa (**regole di rappresentazione**).

Di solito in un disegno ad una linea di determinato spessore e tipo si associa un significato specifico. Ad esempio: il tipo e lo spessore varieranno in relazione al fatto che la linea rappresenti, a seconda dei casi, uno spigolo in vista, uno spigolo nascosto, una quota e così via. Come ad un determinato spessore e tipo di linea si associ un particolare significato è stabilito dalle **regole di applicazione**.

Le regole di applicazione **possono variare in relazione al settore tecnico** cui il disegno si riferisce. Quindi una linea di uguale tipo e spessore potrebbe avere diverso significato in due disegni relativi a due contesti tecnici differenti.

La normativa sulle linee è stata recentemente modificata. In Italia, fino al 1/4/2002 era in vigore la norma **UNI 3968** la quale, dalla data indicata, è stata sostituita dalla **ISO 128-20**. La differenza sostanziale è che la prima rappresenta un **normativa di rappresentazione ed applicazione**, la seconda è soltanto una **normativa di rappresentazione**. Sebbene la UNI 3968 sia stata ritirata, è comunque opportuno conoscerla, in quanto gran parte dei disegni tecnici civili ed industriali, nonché, ovviamente, lo storico esistente, fa riferimento ad essa.

ISO 128-20. Definizioni

La normativa fornisce le seguenti definizioni:

Linea: *elemento geometrico la cui lunghezza è maggiore della metà della larghezza e che congiunge un'origine ad una estremità terminale con qualsiasi forma, ad esempio rettilinea, curvilinea, con o senza interruzioni (un tratto la cui lunghezza è minore o uguale alla metà della larghezza è denominato punto).*

Elemento di linea: *parte singola di una linea non continua, quale ad esempio punti, tratto di maggiore o minore lunghezza e interspazi*

Segmento di linea: *insieme di due o più elementi di linea diversi che formano una linea non continua, ad esempio tratto lungo/interspazio/punto/interspazio/punto/interspazio.*

ISO 128-20. Grossezze

In un disegno è possibile utilizzare **al più 3 grossezze**, pertanto, in base allo spessore, le linee si dividono in ***extra-grosse***, ***grosse*** e ***fini***. In un disegno il rapporto tra la dimensione trasversale delle linee extra-grosse, grosse e fini non deve essere inferiore a **4:2:1**.

La dimensione trasversale (in mm) delle linee grosse e fini deve essere scelta tra i valori della seguente serie:

0.13 0.18 0.25 0.35 0.50 0.70 1.0 1.4 2.0

La grossezza delle linee può variare rispetto ai valori sopraindicati, purché sia sempre possibile distinguere, senza ambiguità, due linee adiacenti di differente grossezza.

ISO 128-20. Tipi di linea (1/2)

Sono definiti **15** tipi di linea unificati.

01.	Linea continua
02.	Linea a tratti
03.	Linea a tratti distanziati
04.	Linea mista punto e tratto lungo
05.	Linea mista due punti e tratto lungo
06.	Linea mista tre punti e tratto lungo
07.	Linea punteggiata
08.	Linea tratto lungo e tratto breve

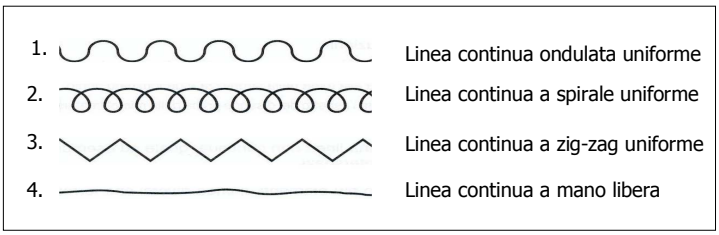
segue

ISO 128-20. Tipi di linea (2/2)

09.	Linea tratto lungo e due tratti brevi
10.	Linea mista punto e tratto
11.	Linea mista punto due tratti
12.	Linea mista due punti e un tratto
13.	Linea mista due punti e due tratti
14.	Linea mista tre punti e un tratto
15.	Linea mista tre punti due tratti

ISO 128-20. Variazioni dei tipi fondamentali

Sono possibili **quattro variazioni** rispetto ai tipi di linea fondamentali. L'esempio di seguito riportato indica variazioni relative al tipo di linea fondamentale.



È inoltre possibile **combinare** tra di loro diversi tratti della stessa lunghezza ad esempio accostando linee diverse tra loro parallele, sovrapponendo linee di spessore differente o introducendo elementi pittoriali ricorrenti lungo la linea. Queste possibilità non verranno analizzate qui in dettaglio. Si rinvia per esse alla sopraindicata normativa.

ISO 128-20. Designazione delle linee

Le **designazioni** unificate sono parte integrante del disegno tecnico. Una designazione unificata normalmente è rappresentata da **una stringa di numeri e lettere che identifica univocamente un elemento**.

In generale l'elemento designato può essere di vario tipo. Sono di solito oggetto di designazione unificata: i **materiali**, i **componenti meccanici unificati** (*viti*, *dadi*, *spine*, *perni*, *profilati*, ecc.), i **componenti elettrici/elettronici** (*resistenze*, *condensatori*, *transistori*, etc.), gli **elementi e i simboli grafici**, ecc.

Nel caso specifico delle linee, la designazione secondo la norma in oggetto prevede:

1. La parola "**Linea**";
2. l'indicazione della **normativa di riferimento** (ISO 128-20);
3. Il numero del **tipo fondamentale della linea** (secondo la tabella);
4. La **grossezza** della linea;
5. Il **colore** della linea (se necessario)

Esempio:

Linea ISO 128-20 – 01 x 0.25

indica una linea di tipo N° 01 (continua) e di grossezza 0,25 mm.

Schema riassuntivo norma ISO 128-20

EN ISO 128 - 20

- Principi generali di **rappresentazione** delle linee;
- **15** tipi di linea unificati + **4** possibili variazioni per ciascun tipo;
- Possibili combinazioni di due o più linee per tratto;
- **9** spessori di linea unificati;
- **3** grossezze ammesse per ciascun disegno (*extra-grossa*, *grossa* e *fine*);
- Designazione unificata delle linee

Norme di applicazione del gruppo ISO 128

A partire dal maggio 2006 la ISO 128-20 è stata affiancata da norme di applicazione per settori specifici.

ISO 128 - 20

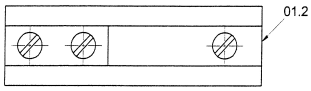
- **ISO 128-23** — Norme di applicazione per il settore civile
- **ISO 128-24** — Norme di applicazione per il settore industriale

La ISO 128-24 è, in pratica, un'estensione della UNI 3968. Le regole di applicazione dettate dalla UNI 3968 continuano ad essere valide, a meno di lievi differenze di seguito illustrate, anche se cambia la denominazione delle linee.

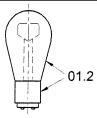
Esempi di utilizzo di linee nel settore meccanico. Linea continua grossa.

Esempi di applicazione di **linea continua grossa**.

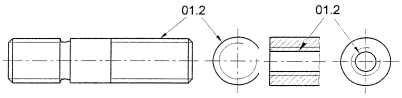
Denominazione UNI 3968	Denominazione EN ISO 128 – 24
A	**01.2**



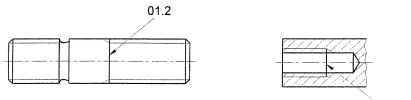
Spigoli in vista (01.2.1)



Contorni in vista (01.2.2)



Creste di filettature (01.2.3)

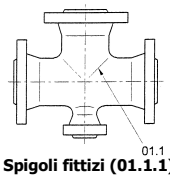


Termine del tratto utile di filettatura (01.2.4)

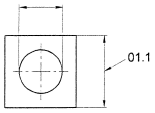
Esempi di utilizzo di linee nel settore meccanico. Linea continua fine.

Esempi di applicazione di **linea continua fine**.

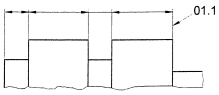
Denominazione UNI 3968	Denominazione EN ISO 128 – 24
B	**01.1**



Spigoli fittizi (01.1.1)

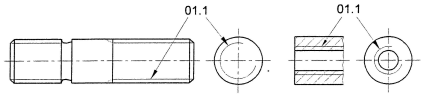


Linee di misura (01.1.2)

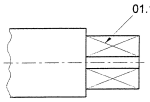


Linee di riferimento (01.1.3)

Tratteggi di sezioni (01.1.5)



Fondi di filettature (01.1.8)

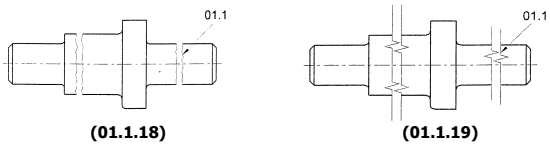


Diagonali indicanti superfici piane (01.1.10)

Esempi di utilizzo di linee nel settore meccanico. Linea continua fine irregolare e linea continua fine zig-zag.

Esempi di applicazione di **linea continua fine irregolare** e **linea continua fine regolare con zig-zag**.

Denominazione UNI 3968	Denominazione EN ISO 128 – 24
C e D	**01.1.18 e 01.1.19**



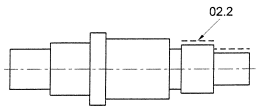
(01.1.18) **(01.1.19)**

Interruzioni di viste e di sezioni non coincidenti con assi e con tracce di piani di simmetria

Esempi di utilizzo di linee nel settore meccanico. Linea a tratti grossa.

Esempi di applicazione di **linea a tratti grossa**.

Denominazione UNI 3968	Denominazione EN ISO 128 – 24
E	**02.2**



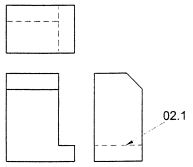
Indicazione di superfici oggetto di particolari trattamenti (02.2.1)

ATTENZIONE: la norma **UNI 3968** prevedeva l'utilizzo della **linea a tratti grossa** (linea tipo E) **per la rappresentazione di contorni nascosti**. Tale utilizzo **non è previsto dalla EN ISO 128-24**, per la quale sia spigoli che contorni nascosti vanno rappresentati con linea a tratti fine (vedi trasparenza successiva)

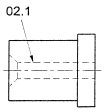
Esempi di utilizzo di linee nel settore meccanico. Linea a tratti fine.

Esempi di applicazione di **linea a tratti fine**.

Denominazione UNI 3968	Denominazione EN ISO 128 – 24
F	**02.1**



Spigoli nascosti (02.1.1)



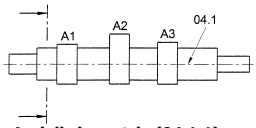
Contorni nascosti (02.1.2)

ATTENZIONE: la norma **UNI 3968** prevedeva l'utilizzo della **linea a tratti grossa** (linea tipo E) **per la rappresentazione di contorni nascosti** e della linea a tratti fine (linea tipo F) **per la rappresentazione di spigoli nascosti**. Secondo la **EN ISO 128-24**, sia spigoli che contorni nascosti vanno rappresentati con **linea a tratti fine**.

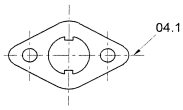
Esempi di utilizzo di linee nel settore meccanico. Linea mista fine.

Esempi di applicazione di **linea mista fine**.

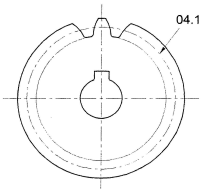
Denominazione UNI 3968	Denominazione EN ISO 128 – 24
G	**04.1**



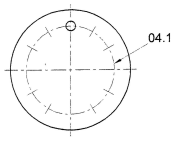
Assi di simmetria (04.1.1)



Tracce di piani di simmetria (04.1.2)



Circonferenze primitive (04.1.3)

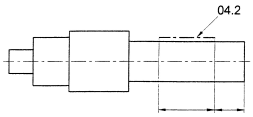


Circonferenze su cui si trovano assi di fori (04.1.4)

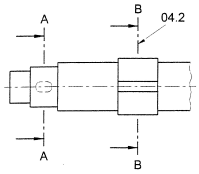
Esempi di utilizzo di linee nel settore meccanico. Linea mista grossa.

Esempi di applicazione di **linea mista grossa**.

Denominazione UNI 3968	Denominazione EN ISO 128 – 24
J	**04.2**



Indicazione di porzioni di superfici soggette a trattamento (04.2.1)

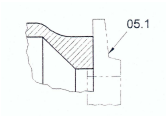


Posizione di piani di tagli e di sezione (04.2.2)

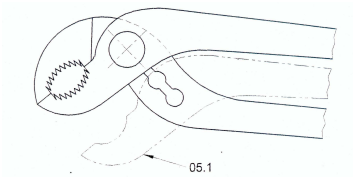
Esempi di utilizzo di linee nel settore meccanico. Linea mista fine a due tratti brevi.

Esempi di applicazione di **linea mista fine a due tratti brevi**.

Denominazione UNI 3968	Denominazione EN ISO 128 – 24
K	**05.1**



Contorni di pezzi adiacenti (05.1.1)



Posizione estreme di parti mobili (05.1.2)

Regole di priorità.

Nel caso di sovrapposizione di una o più linee, la linea più significativa prevale sulle altre secondo il seguente ordine:

1) **contorni e spigoli in vista** (linea continua grossa, 01.2);
2) **contorni e spigoli nascosti** (linea a tratti fine, 02.1);
3) **tracce di piani di sezione** (linea mista fine grossa alle estremità ed alle variazioni della traccia del piano di sezione, 04.1 – 04.2);
4) **assi di simmetria** (linea mista fine, 04.1);
5) **linee di riferimento** (linea continua fine, 01.1).

Fogli da disegno (EN ISO 5457)

I fogli da disegno sono oggetto di normazione per vari aspetti quali:

- il **formato**;
- le **caratteristiche grafiche** (*riquadro delle iscrizioni*, *margine*, *squadratura* ed altro);
- la **designazione**.

La norma da seguire è la **UNI EN ISO 5457**, alla quale si farà riferimento in questa lezione.

La norma definisce una serie di formati unificati denominata serie **ISO – A**, che comprende **cinque** formati, denominati con le sigle da **A0** ad **A4**, **in ordine decrescente di area**.

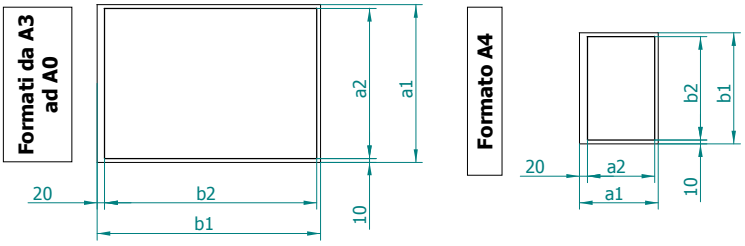
Al formato **A0** corrisponde un'area di **1 m^2**, in ciascun formato il rapporto tra la lunghezza del lato maggiore e quella del lato minor è pari a **√2**. Questo rapporto, come si vedrà tra poco, non è causale.

In ciascun foglio l'area in cui è possibile disegnare è delimitata dalla squadratura, che definisce dei margini su cui non è possibile disegnare, come illustrato nella successiva trasparenza. Il margine deve presentare una larghezza di **almeno 20 mm sul lato sinistro**, compresa la linea della squadratura. **Tutti gli altri margini hanno larghezza di almeno 10 mm**.

La squadratura che delimita il disegno deve essere eseguita con **linea grossa di 0.7 mm**.

Dimensioni unificate dei fogli

Il seguente prospetto riporta le dimensioni unificate in mm dei formati della serie **ISO – A**, e le dimensioni della squadratura, secondo quanto indicato nella norma **UNI EN ISO 5457**.

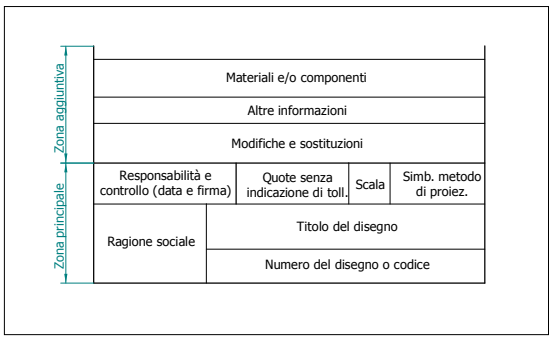


Designazione	a1	b1	a2	b2
A0	841	1189	821	1159
A1	594	841	574	811
A2	420	594	400	564
A3	297	420	277	390
A4	210	297	180	277

Riquadro delle iscrizioni (UNI EN ISO 7200)

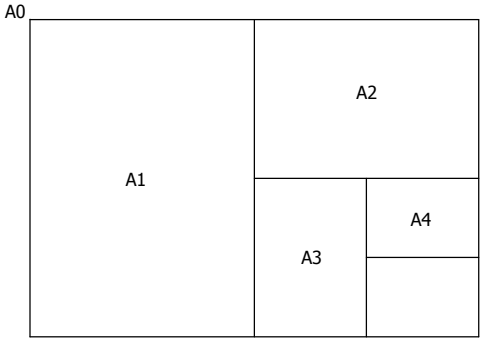
Ogni foglio da disegno, oltre alla squadratura **deve** riportare un **riquadro delle iscrizioni** (detto anche **tabella**), che deve essere posizionato nell'**angolo inferiore destro del disegno**.

La posizione della tabella **indica quindi il corretto orientamento del disegno**: per leggere un disegno si disporrà il foglio in modo che la tabella risulti posizionata in basso a destra. Si riporta qui sotto un possibile schema di tabella. La larghezza raccomandata è di **180 mm**.



Piegatura dei fogli e orientamento (UNI 938)

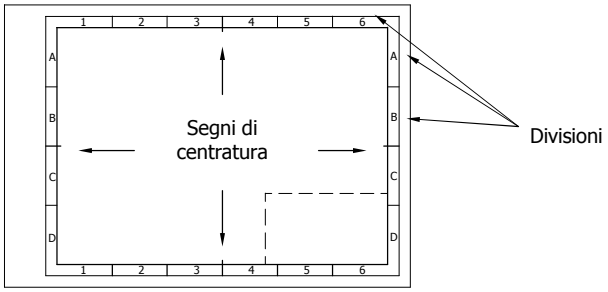
Ciascun foglio in un formato della serie ISO – A può essere **ripiegato** secondo il suo **lato maggiore** ottenendo un foglio del formato **immediatamente più piccolo**. Questo consente di ripiegare qualsiasi foglio della serie ISO – A in un foglio di formato A4. Ciò facilita notevolmente l'archiviazione dei disegni.



L'orientamento è **orizzontale** se il foglio viene usato utilizzando avendo come base il lato maggiore; **verticale** se ha come base il lato minore.

Sistema di coordinate e segni di centratura (UNI EN ISO 7200)

I fogli **possono** essere dotati di un sistema di coordinate per consentire l'individuazione sul disegno di particolari, aggiunte e revisioni. Le singoli divisioni dovrebbero essere contraddistinte da **lettere** (**lato verticale**) e da **numeri** (**lato orizzontale**). La lunghezza delle divisioni è di **50 mm** a partire dai segni di centratura. Il numero delle divisioni è indicato in tabella.



Designazione	A0	A1	A2	A3	A4
Lato lungo	24	16	12	8	6
Lato corto	16	12	8	6	4

Scale (UNI EN ISO 5455)

Le scale con cui gli oggetti sono rappresentati a disegno sono unificate dalla normativa **UNI EN ISO 5455**.

La definizione di **scala**, secondo la normativa è la seguente:

rapporto tra la dimensione lineare di un elemento di un oggetto, come rappresentato in un disegno originale, e la dimensione lineare reale dello stesso elemento del medesimo oggetto.

La scala può essere **naturale** (**1:1**), **di ingrandimento** (rapporto **maggiore di 1:1**) o **di riduzione** (rapporto **minore di 1.1**). La scala dovrebbe essere scelta in modo da garantire una facile e chiara interpretazione del disegno.

La designazione della scala è costituita dal termine SCALA seguita dall'indicazione del rapporto; es:

SCALA 1:1; SCALA 1:X; SCALA X:1

La designazione della scala utilizzata in un disegno va riportata nel riquadro delle iscrizioni. **Se in un disegno sono utilizzate più scale, nel riquadro si indica quella principale**, mentre le altre sono riportate a fianco del corrispondente particolare o della vista/sezione in dettaglio.

Scale raccomandate

La normativa indica delle scale da utilizzare in via preferenziale. Tali scale sono riportate nella tabella. Salvo casi particolari la scala di un disegno **andrà scelta tra quelle raccomandate**. In caso fossero necessari maggiori riduzioni o ingrandimenti rispetto a quelli consentiti dalle scale suggerite, l'insieme delle scale raccomandate può essere ampliato in entrambe le direzioni aggiungendo **nuove scale tali che il loro rapporto con una scala raccomandata si una potenza di 10**.

Solo in via eccezionale si applicheranno scale intermedie rispetto a quelle raccomandate.

Categoria	**Scale raccomandate**		
Scale di Ingrandimento	50:1 5:1	20:1 2:1	10:1
Scala al naturale	1:1		
Scale di riduzione	1:2 1:20 1:200 1:2000	1:5 1:50 1:500 1:5000	1:10 1:100 1:1000 1:10000

Numeri normali (*numeri di Renard*)

Il disegno tecnico è di solito espressione di un progetto (civile o industriale) che risponde ad esigenze di unificazione ed intercambiabilità di componenti. Ne segue che **le grandezze coinvolte** (principalmente dimensioni, ma non solo) **non si distribuiscono con continuità** lungo la retta numerica, ma assumono piuttosto dei **valori preferenziali**. Questi valori rappresentano i cosiddetti **numeri normali**.

I **numeri normali**, già unificati dalla norma **UNI 2016** (ritirata nel 2008 e non ancora sostutuita), sono valori ai quali si ricorre per stabilire i valori numerici di grandezze qualsiasi.

Le serie di numeri normali rappresentano i **valori convenzionalmente arrotondati delle serie in progressione geometrica** comprendenti le potenze intere di 10 che hanno per ragione $\mathbf{10^{1/5}}$, $\mathbf{10^{1/10}}$, $\mathbf{10^{1/20}}$, $\mathbf{10^{1/40}}$ rispettivamente per le serie **R 5**, **R 10**, **R 20**, **R 40**. Si devono utilizzare preferibilmente i numeri delle serie R 5; in caso di necessità passare ai numeri della serie R 10 e, successivamente a quelli delle serie R 20 e R 40.

R5	$e_{n+1} = \sqrt[5]{10}e_n$	10, 16, 25, 40…
R10	$e_{n+1} = \sqrt[10]{10}e_n$	10, 12.5, 16, 20…
R20	$e_{n+1} = \sqrt[20]{10}e_n$	10, 11.2, 12.5, 14…
R40	$e_{n+1} = \sqrt[40]{10}e_n$	10, 10.6, 11.2, 11.8…

Significato dei numeri normali

L'impiego dei numeri normali viene incontro alle esigenze di **uniformità**, **riduzione del numero di prodotti**, **migliore intercambiabilità** ed **economia di spazio** nell'immagazzinamento dei pezzi.

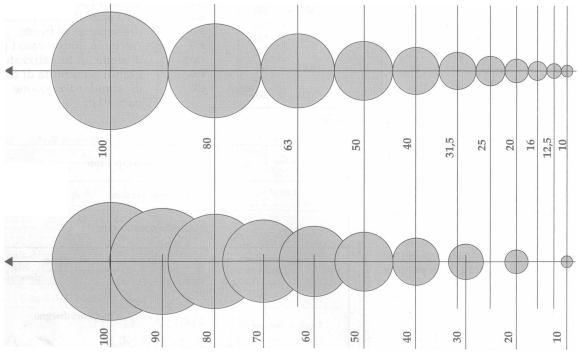
Progressione geometrica.

Distribuzione uniforme dei valori

Minimizza l'errore relativo (è la successione per la quale, dato un numero non appartenente ad essa, scegliendo il numero della successione ad esso più vicino l'errore relativo medio che si commette è minimo)

Progressione aritmetica.

Tende ad essere "più fitta" per le dimensioni maggiori e "più rada" per le dimensioni minori



Charles Renard

Charles Renard (Damblain, Vosges, 1847 - Meudon 1905) fu ingegnere dell' esercito francese. Attivo principalmente nel settore dell'aeronautica, fu progettista, assieme ad altri, del dirigibile "La France" che partecipò all'esposizione universale di Parigi del 1889.

I suoi studi sul problema della **riduzione del numero di diversi diametri dei cavi utilizzati nei dirigibili**, lo portò all'introduzione dei **numeri normali**.

Questo consentì la riduzione del numero di diversi diametri dei cavi da **425** a **17**.