

PRODUZIONE & LAVORAZIONE dell'ACCIAIO

* L'acciaio può essere ottenuto

- ↳ da materiale base: FERRO
- ↳ da riciclo di altri componenti

↳ prodotto per fusione allo stato grezzo
in LINGOTTI sottoposti a diversi CICLI DI LAVORAZIONE
per ottenere i prodotti lavorati della carpenteria

Nota. Le caratteristiche prestazionali dei prodotti in acciaio
dipendono dai processi di lavorazione

↳ TRATTAMENTI TERMICI: il cui scopo è quello
metallurgico e conferisce
caratteristiche meccaniche
all'impiego previsto

→ I prodotti in acciaio possono essere ottenuti in diversi modi

* PROCESSI DI LAVORAZIONE

- ① PROCESSO DI FORMAZIONE
PER COMPRESSIONE O TRAZIONE
- ② PROCESSO DI FORMAZIONE
PER FLESSIONE E TAGLIO

1.1. LAMINAZIONE A CALDO

↳ in cui i lingotti di elementi prismatici tozzi
a temperatura elevata (circa 800-1200 °C) in
il materiale plastico e attraverso 2 rulli controrotanti
ottenere la sezione trasversale richiesta

↳ prodotti laminati a caldo:

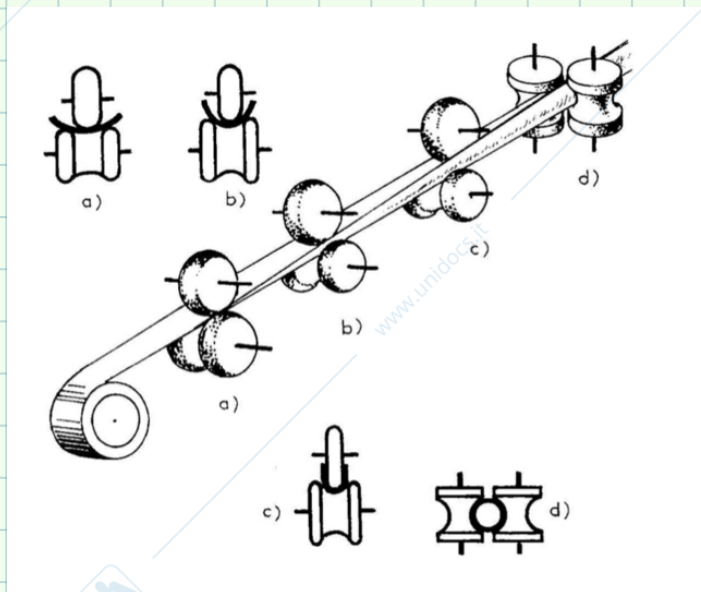
- TRAVI HE
- TRAVI HE
- TRAVI UPN

→ prodotti in acciaieria attraverso

2.1. FORMATURA A FREDDO

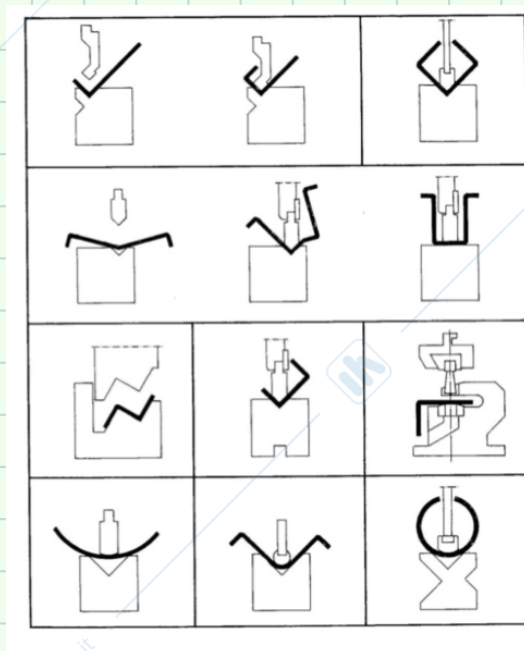
↳ consiste nel piegare a temperatura ambiente sottili lamiere (spessore contenuto entro alcuni mm): fino ad ottenere elementi con sezioni trasversali a

(I) il rotolo di lamiera viene srotolato passando attraverso che imprimono una deformazione permanente



⇒ Piegatura in C
x PROFILI TUBOLARI

(II) in alternativa alla lavorazione in continuo, si possono usare dei fogli di lamiera mediante PRESSO-PIEGATRICE



↳ crea diversi spigoli degli utensili utilizzati

↳ con questa tecnica lamiere di spessore
profili di spessore f

→ LAVORAZIONI PER STAMP
CON PRESSO-PIEGATRICE
DI ELEMENTI SAGOMATI

→ Dettagli dei processi di lavorazione a freddo di una lamiera per ottenere un profilo a C irrigidito.

* LE IMPERFEZIONI

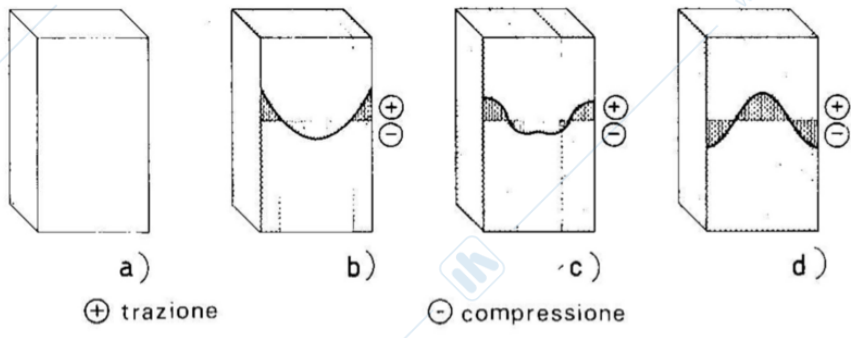
→ IL COMPORTAMENTO DELLE STRUTTURE E QUINDI LA CAPACITÀ PORTANTE DIPENDE, A VOLTE ANCHE SIGNIFICANTEMENTE, DALLA PRESENZA DI IMPERFEZIONI

- 1. IMPERFEZIONI MECCANICHE
- 2. IMPERFEZIONI GEOMETRICHE

1.1. IMPERFEZIONI MECCANICHE O STRUTTURALI NEI PROFILI

↳ sono dovute a TENSIONI RESIDUE e alla non omogeneità delle CARATTERISTICHE MECCANICHE lungo la sezione trasversale, cioè uno STATO TENSIONALE AUTOEQUILIBRATO legato ai residui e associato a DEFORMAZIONI PLASTICHE non omogenee

→ Esempio: IMPERFEZIONI MECCANICHE DI UN PROFILO LAMINATO A CALDO



- (a) elemento finito con tensione uniforme di fine laminazione intera
- (b) avviene il processo di raffreddamento all'ambiente, il quale non è uniforme sulla sezione ma le parti esterne all'atmosfera si raffreddano più in fretta

(c) il raffreddamento della parte esterna è completato ma la parte interna è ancora calda

↳ gli STATI DI AUTOTENSIONE sono ancora gli stessi ma vengono "addolciti"

↳ quindi le parti + esterne sono in tensione ma questo è impedito dalla parte interna per questo motivo nasce lo stato di tensioni equilibrate, cioè di TENSIONI EQUILIBRATE come in figura

- STATO DI TRAZIONE nella parte interna
- necessariamente bilanciato con COMPRESSIONE nella zona esterna

(d) quando si raffredda anche la parte interna il fenomeno si ripete, la parte interna tende ad accorciarsi ma è impedito dalla parte esterna

↳ quindi a raffreddamento avvenuto:

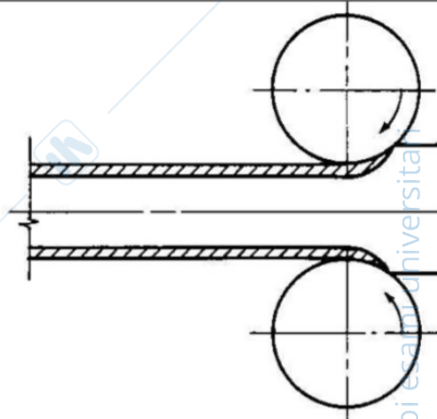
- la parte interna è soggetta a FORZE DI TRAZIONE
- la parte esterna che bilancia con FORZE DI COMPRESSIONE

↳ quindi GLOBALMENTE LO STATO TENSIONALE HA RISULTANTE ZERO ma LOCALMENTE (parte interna o parte esterna) si HANNO DELLE TENSIONI AUTOEQUILIBRATE nella sezione ma

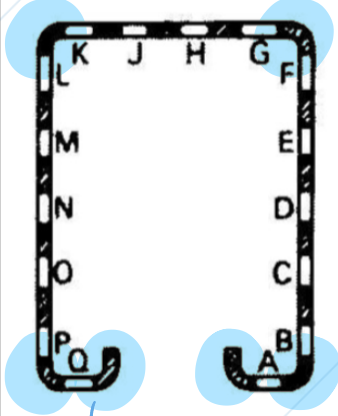
1.2. IMPERFEZIONI MECCANICHE o STRUTTURALI nei PROFILI

Mediante piegatura o stampaggio vengono alterate le caratteristiche del materiale in prossimità delle zone di piega

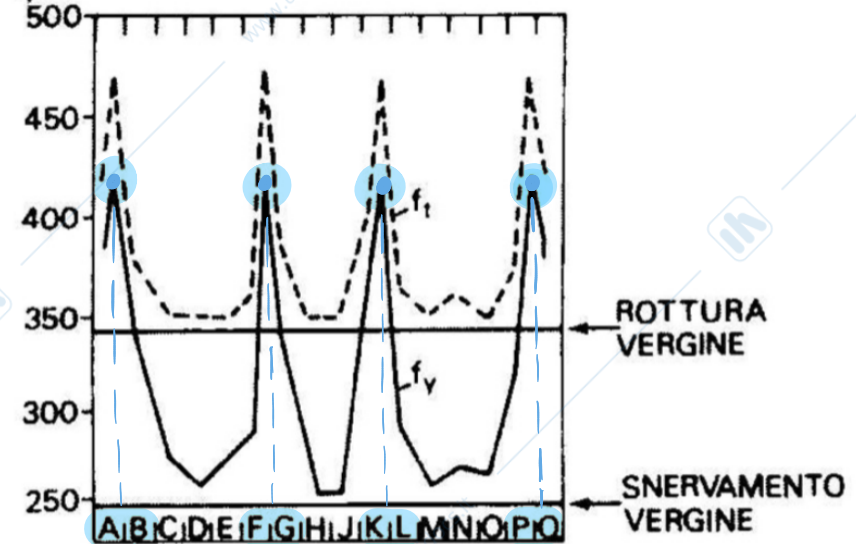
PROFILI FORMATI A FREDDO



a

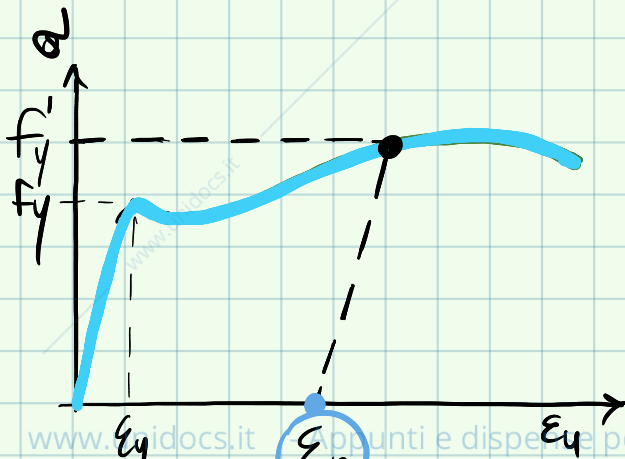


f_y, f_t (Nmm⁻²)



b

Nei zone di piega si ha una deformazione plastica residua cioè per produrre le pieghe viene superata la tensione di snervamento fino ad arrivare al campo incedente in corrispondenza di una deformazione necessaria per conferire la forma vuota si scarica e si ottiene una deformazione residua ϵ_r ovvero una deformazione permanente. Il mantenimento della sezione trasversale vuota.



problema: nei tratti con le... la tensione di... quindi la rottura...

2

IMPERFEZIONI GEOMETRICHE = variazioni di forma rispetto alla loro geometria

↳ possono essere:

- TIPO TRASVERSALE relativamente alla sezione retta
 - ↳ nei profili laminati dipendono dal grado dei rulli sbizzatori del treno di laminazione e da variazioni di spessore nelle parti che costituiscono la sezione trasversale di un profilo laminato
- TIPO LONGITUDINALE quando riguardano l'asse del

* IMPERFEZIONI GEOMETRICHE TRASVERSALE

Norma italiana Settembre 197

UNSIDER **UNI 5398**

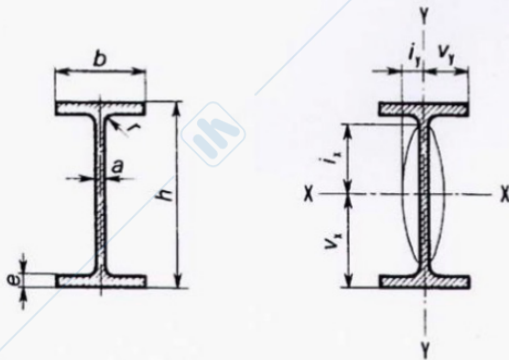
Prodotti finiti di acciaio laminati a caldo
Travi IPE ad ali strette parallele¹⁾
Dimensioni e tolleranze

Hot rolled steel finished products - Parallel narrow-flanged IPE beams - Dimensions and tolerances

La presente norma concorda parzialmente con le EURONORM 19 e 44 (vedere chiarimenti).

Dimensioni in mm

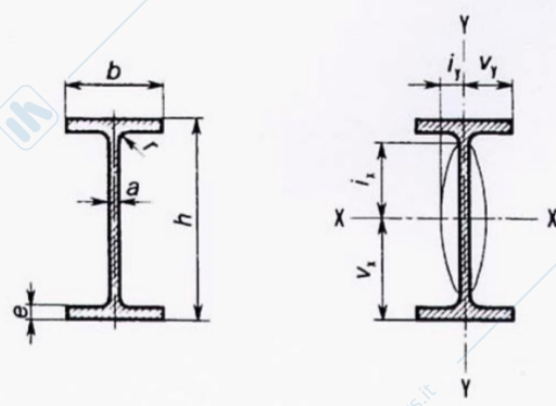
1. Dimensioni



Esempio di designazione di una trave IPE ad ali strette parallele di acciaio laminato a caldo, avente $h = 200$ mm:
IPE 200 UNI 5398
(vedere anche punti 2, 3.1.2 e 4)

Designazione abbreviata*	h	b	a	e
IPE 80	80	46	3,8	5,2
IPE 100	100	55	4,1	5,7
IPE 120	120	64	4,4	6,3
IPE 140	140	73	4,7	6,9
IPE 160	160	82	5,0	7,4
IPE 180	180	91	5,3	8,0
IPE 200	200	100	5,6	8,5
IPE 220	220	110	5,9	9,2
IPE 240	240	120	6,2	9,8
IPE 270	270	135	6,6	10,2
IPE 300	300	150	7,1	10,7
IPE 330	330	160	7,5	11,5
IPE 360	360	170	8,0	12,7
IPE 400	400	180	8,6	13,5
IPE 450	450	190	9,4	14,6
IPE 500	500	200	10,2	16,0
IPE 550	550	210	11,1	17,2
IPE 600	600	220	12,0	19,0

* La sigla IPE sta ad indicare: I = trave ad I, P = parallelale
 ** La massa lineica è calcolata in base alle dimensioni nominali
 *** Tali dati sono ricavati in base alle dimensioni nominali
¹⁾ Per le definizioni e la classificazione dei prodotti siderurgici



Tolleranze di forma e
 Tolleranza di perpendicolarità
 La tolleranza di perpendicolarità

3. Tolleranze

3.1. Tolleranze dimensionali

3.1.1. Le tolleranze sulle dimensioni delle sezioni dei profilati IPE ad ali strette parallele sono indicate nel prospetto seguente.

h	≤ 120	> 120 ≤ 180	> 180 ≤ 270	> 270 ≤ 360	> 360 ≤ 400	> 400 ≤ 500	> 500
---	-------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	-------

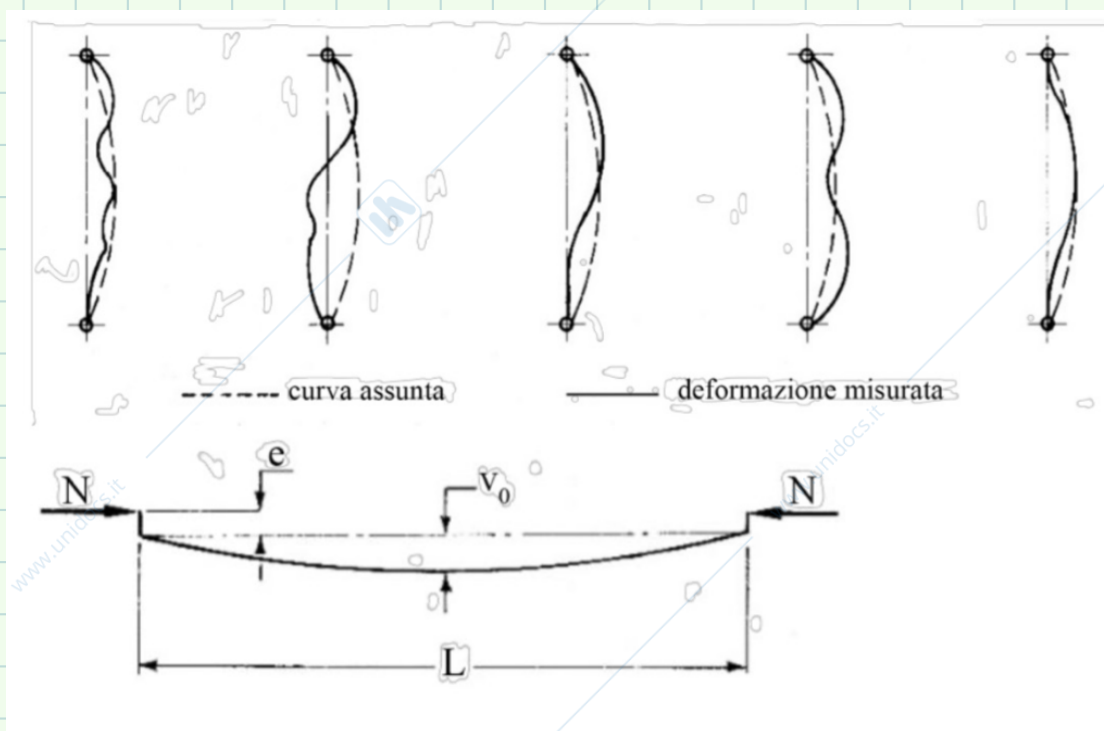
Tolleranza di simmetria
 La tolleranza di simmetria

* IMPERFEZIONI GEOMETRICHE LONGITUDINALI

↳ CONSISTONO ESSENZIALMENTE NELLA DEVIAZIONE DELL'ASSE RISPETTO ALLA SUA IDEALE POSIZIONE PERFETTAMENTE RETTA DOVUTA AL PROCESSO DI LAVORAZIONE, A CUI SI AGGIUNGONO UO DOVUTE AL MONTAGGIO

↳ gli effetti di queste imperfezioni sulla capacità portante possono essere rappresentati da 2 parametri

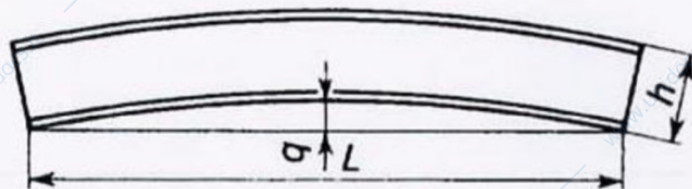
- l'eccentricità e del carico alle estremità della
- la freccia v_0 caratterizzante lo spostamento in mezzera della membratura curva iniziale



Varie con imperfezi longitudinali approssimativamente sinusoidali

Tolleranza di rettilineità longitudinale dell'anima (centinatura)

La tolleranza di rettilineità longitudinale dell'anima q (vedere figura) è la tolleranza di rettilineità della trave nel piano dell'anima e deve essere misurata in questo piano e su tutta la lunghezza L del p. La tolleranza di rettilineità q deve soddisfare le limitazioni seguenti:



- per $h \leq 360$ $q \leq 0,0015$
- per $h > 360$ $q \leq 0,0010$

* TRATTAMENTI TERMICI → si usano raramente di carpenteria metallica

↳ sono particolari trattamenti sottoposti ai prodotti in acciaio per modificare le loro caratteristiche meccaniche in relazione agli impieghi specifici a cui sono destinati

↳ nel caso specifico dell'edilizia: sapendo che i prodotti in acciaio da laminazione a caldo presentano localmente uno stato tensionale \neq dal

↳ con i TRATTAMENTI TERMICI si può ridurre lo stato tensionale per arrivare allo stato tensionale del materiale

- **LA RICOTTURA** = l'intero processo di riscaldamento fino ad una temperatura di poco superiore a quella critica, la permeabilità e in fine il successivo lento raffreddamento del materiale + omogenea ed elimina eventuali difetti del prodotto solidificato dalla colata
- **LA DISTENSIONE** = particolare processo di ricottura che avviene a temperatura relativamente bassa per attenuare le tensioni nei pezzi lavorati
- **LA NORMALIZZAZIONE** = consiste in un riscaldamento dell'acciaio seguito da un successivo raffreddamento; la normalizzazione annulla gli effetti del ciclo termico
- **LA TEMpra** = prevede il riscaldamento fino a temperatura critica seguita da un brusco raffreddamento; con la tempra si incrementa la durezza ma si riduce la tenacità
- **IL Rinvenimento** = riscaldamento di un pezzo temprato a moderata temperatura per un tempo + o - lungo per addolcire il prodotto e aumentare di tenacità
- **Bonifica** = TEMpra + Rinvenimento per migliorare notevolmente le caratteristiche meccaniche di acciai comuni al carbonio senza però alterare la duttilità del prodotto

→ Il controllo qualità degli acciai

In Europa sono consentiti, per impieghi strutturali soltanto

- acciai verificati e certificati dal **STC** = Servizio Tecnico Centrale del Ministero dell'Industria oppure
- acciai marcati **CE** ai sensi del Regolamento dei Prodotti Costruttivi che fissa le condizioni armonizzate di produzione, distribuzione e commercializzazione dei prodotti

→ Il processo di qualificazione e controllo di qualità degli acciai è affidato a:

- ACCIAIERIE
 - CENTRI DI TRASFORMAZIONE
 - CANTIERE
- con compiti e responsabilità differenti

● L'acciaieria → deve essere prima di tutto controllata cioè è soggetta a una procedura di qualificazione da un Organismo Abilitato

→ per immettere sul mercato europeo acciai per impieghi strutturali

- (I) DIMOSTRARE L'IDONEITÀ DEL LORO PROCESSO PRODUTTIVO
- (II) ESEGUIRE IL CONTROLLO CONTINUO INTERNO DI QUALITÀ COMPRENSIVO DI TUTTE LE PROVE E ANALISI PRESCRITTE
- (III) SOTTOPORSI A VERIFICHE PERIODICHE DI CONTROLLO
- (IV) IDENTIFICARE IL PRODOTTO E APPLICARVI IL MARCAZZO GIUSTIFICATO DAI RAPPORTI DI PROVA

Nota

LIMITI ALLA LUNGHEZZA LEGATI ALLA TRASPORTABILITÀ

- 12m** → trasporto con camion
- 24m** → trasporto su ferrovia

↳ delle analisi chimiche e delle prove meccaniche compiute su quantità finite provenienti dalla

↳ LE COPIE DEI RAPPORTI DI PROVA ACCOMPAGNARE I PRODOTTI

● I CENTRI DI TRASFORMAZIONE = ENTITÀ INTERMEDIE CHE NASCONO DALL'ACCIAIERIA E SI TRASFORMANO IN PRODOTTI FINITI PER APLICAZIONI STRUTTURALI

- CENTRI DI PRELAVORAZIONE

- IL CANTIERE = CONTROLLO FINALE DEL PROCESSO DI QUANTITÀ DELL'ACCIAIO IMPIEGATO PER LE STRUTTURE

↳ la responsabilità ricade sul Direttore dei Lavori che ha l'obbligo di effettuare tutti i controlli necessari per documentare che:

- nel percorso iniziato in acciaieria, transitato in officina di prelaborazione e di produzione (carpenterie) e montaggio in cantiere

[OGNI COMPONENTE DELLA STRUTTURA RISULTA TRACCIATA E CON CARATTERISTICHE CHIMICHE E MECCANICHE IN LINEA CON QUANTO SPECIFICATO IN PROGETTO]

* Il Direttore dei Lavori

↳ HA IL COMPITO DI:

- CONTROLLARE L'ESISTENZA E LA CONGRUENZA DEI DOCUMENTI E DEI CENTRI DI TRASFORMAZIONE
- VERIFICARE CHE I DOCUMENTI SI RIFELTANO ALL'INTERO DELLA STRUTTURA

↳ HA L'OBBLIGO DI:

- EFFETTUARE PROVE DI CONTROLLO SU CAMPIONI PRELEVATI IN QUANTITÀ DEFINITE DA NORMATIVA

↳ per verificare che le caratteristiche chimiche e/o meccaniche siano conformi con quanto indicato nella documentazione