



**Università
degli Studi
di Ferrara**

CONFIDENTIAL

Appunti

Metallurgia II

CONFIDENTIAL

DE

Department of Engineering Ferrara

Via Saragat 1, 44122 Ferrara

<https://de.unife.it/it>

Università degli Studi di Ferrara

Via Ludovico Ariosto, 35 - 44121 Ferrara

<https://www.unife.it/it>

Revisioni

| Revisione | Data | Autori | Descrizione |
|-----------|------------|--------|----------------------------------|
| 1.0 | 29.01.2021 | XX YY | document created |
| 1.1 | 06.03.2023 | LN | Prima compilazione con modifiche |

Università degli Studi di Ferrara

[XX] Dr. Name Surname - name.surname@xxx.com

[YY] Dr. Name Surname - name.surname@xxx.com

[LN] Lorenzo Nicolè - lorenzo.nicole@edu.unife.it

Abstract

Il presente Technical Report (TR) ...

CONFIDENTIAL

Prefazione

...

CONFIDENTIAL

Acknowledgements

Il presente TR ...

CONFIDENTIAL

Indice

| | |
|---|------------|
| Abstract | i |
| Prefazione | ii |
| Acknowledgements | iii |
| Indice | iv |
| Elenco delle figure | v |
| Elenco delle tabelle | vi |
| Todo list | vii |
| 1 Classificazione e Designazione degli acciai | 1 |
| 1.1 La normazione | 1 |
| 1.1.1 Acciai non legati | 3 |
| 1.1.1.1 Di Qualità | 3 |
| 1.1.1.2 Speciali | 3 |
| 1.1.2 Acciai inossidabili | 3 |
| 1.1.3 Acciai legati | 5 |
| 1.1.3.1 di Qualità | 5 |
| 1.1.3.2 Speciali | 5 |
| 1.2 La norma UNI EN 10027:2016 | 5 |
| 1.2.1 UNI EN 10027:2016 parte 1 | 5 |
| 1.2.2 UNI EN 10027:2016 parte 2 | 9 |
| 1.2.2.1 Sottocategoria 2.1 | 9 |
| 1.2.2.2 Sottocategoria 2.2 | 10 |
| 1.2.2.3 Sottocategoria 2.3 | 10 |
| 1.2.2.4 Sottocategoria 2.4 | 11 |
| A Considerazioni aggiuntive sulla UNI EN 10020 | 12 |
| A.1 Tipologie di acciai non legati speciali | 12 |
| A.2 Tipologie di acciai legati di qualità | 12 |
| A.3 Tipologie di acciai legati speciali | 13 |
| B Acronimi | 14 |

Elenco delle figure

| | | |
|-----|--|---|
| 1.1 | Suddivisione acciai in base alla normativa UNI EN 10020:2001 | 2 |
|-----|--|---|

CONFIDENTIAL

Elenco delle tabelle

| | | |
|------|--|----|
| 1.1 | Norme di carattere generale | 2 |
| 1.2 | Prospetto I, norma UNI EN 10020:2001 | 4 |
| 1.3 | Indicazioni simboli | 6 |
| 1.4 | Valori di resilienza | 6 |
| 1.5 | Sottogruppo 1.1 vecchia normativa | 8 |
| 1.6 | Sottogruppo 1.2 vecchia normativa | 8 |
| 1.7 | Sottocategoria 2.1 | 9 |
| 1.8 | Sottocategoria 2.2 | 10 |
| 1.9 | Fattori moltiplicativi elementi | 10 |
| 1.10 | Sottocategoria 2.3 | 11 |
| 1.11 | Sottocategoria 2.4 | 11 |

CONFIDENTIAL

Todo list

| | |
|---|----|
| ■ 1.1 (1) Aggiungere i riferimenti all'appendice | 3 |
| ■ 1.2 (2) Continuare con la parte 2 della UNI EN 10027:2016 | 11 |

CONFIDENTIAL

CAPITOLO 1

Classificazione e Designazione degli acciai

1.1 La normazione

Per cominciare, è utile osservare come gli enti di normazione descrivono gli acciai. tra l'altro sono tra i prodotti più normati presenti sul mercato industriale. Dapprima:

UNI sigla che indica una normativa realizzata dall'Ente nazionale di Unificazione. Ente che norma tutte le attività produttive sul mercato italiano. Inoltre è facente parte del CEN. Difatti applica sul suolo italiano tutte le normative date dallo stesso CEN. Non è ammessa la presenza di normative che siano in contrasto con quelle europee.

EN contraddistingue le norma sviluppate dal Comitato Europeo di Normazione (CEN). Le normative EN devono essere percepite da tutti gli stati membri dello spazio economico europeo. Ciò per garantire il libero scambio di prodotti al interno del mercato. Il EN è composto dai principali enti nazionali di normazione degli stati membri nello spazio economico europeo.

ISO rappresenta tutte le normative sviluppate dal International Organization for Standardization (ISO). Possono essere un riferimento applicabile per tutto il mondo. Una nazione può decidere se applicare le norma ISO indipendentemente da quanto fatto dal CEN.

Secondo le normative della CEN le normative hanno lo scopo di:

Stabilire le condizioni tecniche per lo scambio di prodotti e di servizi assicurando il continuo adeguamento allo sviluppo delle tecnologie e dei bisogni del mercato

con lo scopo di eliminare le barriere commerciali, almeno tra gli stati europei.

Una prima classificazione dei tipi di acciai perché esistono tante classi di materiale. Dunque si può pensare ad una divisione in base:

- composizione chimica;
- processo di fabbricazione;
- caratteristiche meccanico-fisiche e di impiego;
- costituenti strutturali;
- ecc...

Non a caso sono stati citati i precedenti aspetti, in fatti le normative vanno a coprire gli aspetti stessi, come mostrato nella tabella 1.1

Secondo la norma UNI EN 10020:2001:

L'acciaio è un materiale il cui *tenore in massa di Ferro (Fe)* è maggiore di quello di ciascuno degli altri elementi ed il cui *tenore di Carbonio (C)* è generalmente minore del 2% e che contiene altri elementi. Un numero limitato di acciai al Cromo (Cr) può avere tenore di carbonio maggiore del 2%, ma tale valore del 2% è il tenore limite corrente che separa l'acciaio dalla ghisa.

Sempre la stessa norma definisce la classificazione principale degli acciai 1.1.

Dove:

- ■ è la suddivisione per composizione chimica;
- ■ è la suddivisione in base alle caratteristiche meccanico-fisiche della suddivisione chimica.

Tabella 1.1: Norme di carattere geneale

| | |
|--------------------------------|--|
| UNI EN 10020:2001 | Descrizione e classificazione dei tipi di acciaio |
| UNI EN 10027-1:2016 | Sistemi di designazione degli acciai, Designazione alfanumerica |
| UNI EN 10027-2:2015 | Sistemi di designazione degli acciai, Designazione numerica |
| UNI EN 10025-(1-6):2005 | Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali |
| UNI EN 10079:2007 | Descrizione dei prodotti di acciaio (forma, dimensioni, aspetto, stato superficiale) |

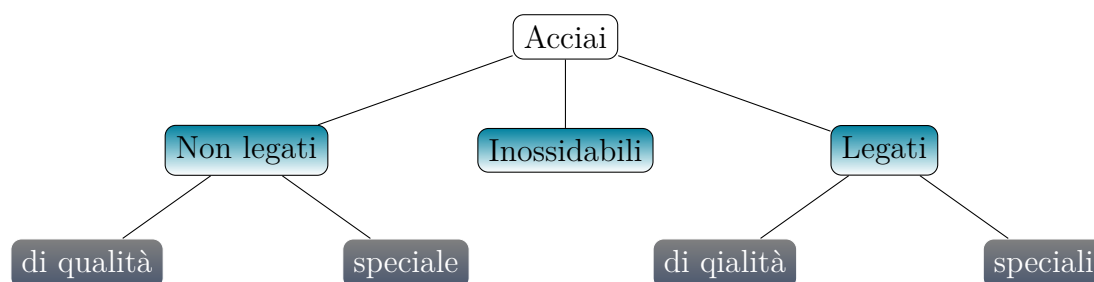


Figura 1.1: Suddivisione acciai in base alla normativa UNI EN 10020:2001

L'appartenenza ad una classe si basa sulla composizione chimica di colata indicata sulla norma di prodotto, prendendo in considerazione il valore minimo. Vediamo ora come vengono suddivise le categorie in base alla norma.

Acciai non legati sono gli acciai per cui *Nessuno dei valori limite, rigorosamente fissati dalla norma (tabella 1.2), è raggiunto dai rispettivi tenori degli elementi in lega* (escluso il C).

Acciai inossidabili sono acciai contenenti *almeno il 10.5% di Cr e al massimo l'1.2% di C*.

Acciai legati sono acciai per i quali *almeno uno dei valori limite è raggiunto dai rispettivi tenori degli elementi in lega* (tabella 1.2) a patto che non siano già appartenenti agli inossidabili.

1.1.1 Acciai non legati

1.1.1.1 Di Qualità

Sono acciai per i quali, in genere, sussistono prescrizioni riguardanti caratteristiche specifiche, per esempio: tenacità, grossezza e/o formabilità. Non sono destinati a trattamenti termici (al più a ricottura e normalizzazione).

1.1.1.2 Speciali

Sono acciai che presentano, rispetto agli acciai non legati di qualità, una maggiore purezza in particolare nei confronti delle inclusioni non metalliche. In genere presentano risposta regolare ai Trattamenti Termici (TT), e nella maggior parte dei casi sono destinati a:

1. trattamento di bonifica,
2. trattamento di tempra superficiale.

Fanno parte di tale classe gli acciai non legati che rispondono a una o più delle seguenti prescrizioni tutte quelle definizioni che rientrano in A.1.

1.1.2 Acciai inossidabili

Sono suddivise in base a due criteri:

1. tenore di Nichel:

- $Ni < 2.5\%$
- $Ni > 2.5\%$

Tabella 1.2: Prospetto I, norma UNI EN 10020:2001

| Elemento | Tenore in % in massa | |
|-----------------|-----------------------------|--------|
| Al | Alluminio | 0.30 |
| B | Boro | 0.0008 |
| Bi | Bismuto | 0.10 |
| Co | Cobalto | 0.30 |
| Cr | Cromo | 0.30 |
| Cu | Rame | 0.40 |
| La | Lantanidi (singolarmente) | 0.10 |
| Mn | Manganese | 1.65 |
| Mo | Molibdeno | 0.08 |
| Nb | Niobio | 0.06 |
| Ni | Nichel | 0.30 |
| Pb | Piombo | 0.40 |
| Se | Selenio | 0.10 |
| Si | Silicio | 0.60 |
| Te | Tellurio | 0.10 |
| Ti | Titanio | 0.05 |
| V | Vanadio | 0.10 |
| W | Tungsteno | 0.30 |
| Zr | Zircronio | 0.05 |
| - | Altri | 0.10 |

2. caratteristiche particolari:

- resistenza alla corrosione;
- resistenza all'ossidazione a caldo;
- resistenza allo scorrimento.

1.1.3 Acciai legati

1.1.3.1 di Qualità

Sono acciai il cui utilizzo è simile agli acciai non legati di qualità, ma che contengono elementi in lega per rispondere ad alcune prescrizioni di impiego. Non sono, di regola, destinati a trattamento termico di bonifica o ad un trattamento di tempra superficiale. Ne fanno parte gli acciai definiti in A.2.

1.1.3.2 Speciali

Sono acciai , diversi dagli inossidabili, che non rientrano tra le categorie definite per gli acciai legati di qualità caratterizzati da:

- regolazione precisa della composizione chimica;
- particolari condizioni di elaborazione e controllo del processo produttivo.

Ne fanno parte gli acciai descritti in A.3.

1.2 La norma UNI EN 10027:2016

La normativa ha lo scopo di designare univocamente gli acciai disponibili in commercio in base a due modalità: designazione alfanumerica (parte 1) e designazione numerica (parte 2). Inoltre specifica le modalità di nomenclatura degli acciai: specificando le modalità di ottenimento dei nomi per entrambe le parti¹. Inizieremo dalla prima parte ovvero quella alfanumerica.

1.2.1 UNI EN 10027:2016 parte 1

Nella prima parte della normativa vengono designati gli acciai in base al loro impiego e alle loro caratteristiche meccanico-fisiche. Alla figura 1.3 è rappresentata la modalità di nomenclatura alfanumerica.

Come si vede dalla tabella 1.3 i vari simboli occupano una posizione ben determinata e specifica. C'è da considerare una particolarità tra il simbolo d'impiego e il valore della caratteristica meccanico-fisica specificata per tale categoria.

In generale viene specificato il valore di snervamento minimo garantito: $R_{s,min}$ [MPa].

Per Y Viene specificata la tensione minima di rottura: $R_{m,min}$ [MPa]

Per M Viene indicata una proprietà magnetica (descritta dalla normativa).

Per R La durezza.

Per quanto riguarda le altre indicazioni, anche in questo caso dipende dal impiego del materiale. Viene riportato un esempio in tabella 1.4.

¹Come nominare un acciaio non viene deciso dall'azienda che lo produce. Lo stesso ente ha il compito di nominare gli acciai.

Tabella 1.3: Indicazioni simboli

| W Simbolo iniziale | X Simbolo Impiego | YYY Caratteristiche meccanico-fisiche | ZZ Altre indica- zioni |
|---|--|--|---|
| G : Acciaio per getti | S Impieghi strutturali, | $R_{s,min}$ in [MPa] | Simboli addi- zionali divisi in due gruppi |
| PM : metallur- gia delle polveri | P Impieghi sotto pressio- ne, | $R_{m,min}$ in [MPa] | |
| | E Costruzioni meccani- che, | HBW_{min} (adimensionale) | |
| | D Formatura a freddo, | | |
| | B Cemento armato, | | |
| | Y Cemento armato pre- compresso, | | |
| | R Acciaio per rotaie, | | |
| | M Acciai magnetici, | | |
| | | | |

Tabella 1.4: Valori di resilienza

| J min 27J | K min 40J | Resilienza | |
|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------|
| | | L min 60J | Temperatura [°C] |
| JR | KR | LR | 20 |
| J0 | K0 | L0 | 0 |
| J2 | K2 | L2 | -20 |

Esempio. 1.2.1: Descrizione acciaio

Se consideriamo come esempio l'acciaio S355J2, questo sarà:

S un acciaio per impieghi strutturali,

355 avrà valore minimo di snervamento pari a $R_{s,min} = 355\text{MPa}$,

J2 valore di resistenza minima a 27J ad una temperatura di -20°C .

Si ricorda che la necessità di aggiungere un valore di riferimento alla resilienza, come mostrato all'esempio 1.2.1, è motivato dal fatto che: il valore di resilienza dipende dalla temperatura di esercizio del materiale in quanto la bassa temperatura tende a cristallizzare il metallo rendendolo più fragile.

Tra le altre cose il metallo appena visto è uno di quei metalli facente parte della normativa UNI EN 10025-2 ovvero per gli acciai *prodotti laminati a caldo per impieghi strutturali*. Giusto per darne un accenno la normativa è divisa in sei parti:

1. Condizioni tecniche generali di fornitura
2. Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali
3. Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine allo stato normalizzato/normalizzato laminato
4. Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine ottenuti mediante laminazione termomeccanica
5. Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica
6. Condizioni tecniche di fornitura per prodotti piano di acciai per impieghi strutturali ad alto limite di snervamento allo stato bonificato

La normativa precedente: UNI EU 27/77

Sebbene non più in vigore è utile visionare la vecchia normativa, in quanto molte aziende -anche al giorno d'oggi- utilizzano la vecchia nomenclatura. Nello specifico, il gruppo 1, considerato anche nella normativa in vigore, si suddivideva in ulteriori due gruppi:

Sottogruppo 1.1 Designazione per caratteristiche meccaniche, di cui non si garantiva la composizione chimica.

Sottogruppo 1.2 Designazione per tipo d'impiego.

Inoltre, la normativa stessa poneva tali prodotti come venduti allo stato grezzo: stato di lavorazione a caldo, senza trattamento termico.

Sottogruppo 1.1

Alla tabella 1.5 viene rappresentata la designazione degli acciai in base alla vecchia normativa. Le altre indicazioni, generalmente, contenevano il grado di insensibilità alla frattura fragile: indicata con le lettere dalla A alla D in ordine crescente di insensibilità; il simbolo dell'elemento chimico contenuto in bassi tenori; numeri da 1 a 3 che ne indicavano il grado qualitativo crescente.

Esempio. 1.2.2: Sottogruppo 1.1

- Fe360
- Fe410Pb
- FeG450
- FeE355
- Fe410D
- Fe490-2

Sottogruppo 1.2

Alla tabella 1.6 è rappresentata la vecchia nomenclatura degli acciai secondo il loro impiego.

Esempio. 1.2.3: Sottogruppo 1.2

FeP03 era noto come acciaio in lamiera sottile per imbutiture (P) con grado di qualità 03

Tabella 1.5: Sottogruppo 1.1 vecchia normativa

| Fe | Simbolo iniziale | Caratteristica meccanica | Altre indicazioni |
|----|--------------------------------|---|-------------------|
| | G per acciaio per getti | $R_{m,min}$ Caratteristica a rottura in MPa $R_{s,min}$ Caratteristica a snervamento in MPa solo preceduta da E | |

Tabella 1.6: Sottogruppo 1.2 vecchia normativa

| Fe | Lettera | Numero di due o più cifre |
|----|------------------|--|
| | Indice d'impiego | È una specifica relativa al prodotto e ne indica il grado di qualità |

1.2.2 UNI EN 10027:2016 parte 2

Vine divisa in quattro sotto-categorie:

1. Acciai non legati con tenore medio di $Mn < 1\%$
2. Acciai non legati con tenore medio di $Mn > 1\%$, acciai non legati per lavorazioni meccaniche ad alta velocità ("autmoatici"), acciai legati (no HS) con tenori di massa di ciascun elemento in lega $< 5\%$
3. Acciai legati (No HS) il cui tenore in massa di almeno un elemento in lega sia $> 5\%$
4. Acciai rapidi HS.

1.2.2.1 Sottocategoria 2.1

Sono acciai non legati con tenore in massa di $Mn < 1\%$

Alla tabella 1.7 è riportato la designazione degli acciai per questa sottocategoria.

Esempio. 1.2.4: Sottocategoria 2.1

C10 acciaio da carbo-cementazione
C40, C80, C120
C35E

Tabella 1.7: Sottocategoria 2.1

| C | %C \times 100 | Altre indicazioni |
|---|-----------------|---|
| Se necessario GC se acciai per getti | | E zolfo massimo stabilito R zolfo in un dato intervallo U Acciaio ottimizzato per utensili S Acciaio ottimizzato per molle |

1.2.2.2 Sottocategoria 2.2

Acciai non legati con tenore medio di Mn $> 1\%$, acciai non legati per lavorazioni meccaniche ad alta velocità ("automatici"), acciai legati (no HS) con tenori in massa di ciascun elemento in lega $< 5\%$. Alla tabella 1.8 viene riportata la formula

I numeri relativi ai diversi elementi devono essere separati da trattini (non sempre vengono specificati tutti).

Esempio. 1.2.5: Esempi di nomenclatura 2.2

| | | |
|---------------|-------|----------|
| 35CrNiMo4-2-3 | 0.38% | Carbonio |
| | 1% | Cr |
| | 0.5% | Ni |
| | 0.3% | Mo |
| 34CrMo4 | 0.34% | Carbonio |
| | 1% | Cr |

1.2.2.3 Sottocategoria 2.3

Acciai legati (No HS) il cui tenore in massa di almeno un elemento in lega sia $> 5\%$. Nomenclatura è rappresentata in tabella 1.10.

Tabella 1.8: Sottocategoria 2.2

| %C $\times 100$ | Simboli elementi in lega | Concentrazione degli elementi in lega |
|---|-----------------------------------|---|
| Se necessario G per gli acciai per getti | In ordine decrescente di quantità | Moltiplicati per il rispettivo fattore (vedi tabella 1.9) |

Tabella 1.9: Fattori moltiplicativi elementi

| Elementi chimici | Fattore moltiplicativi |
|---------------------------------------|------------------------|
| Cr, Co, Mn, Ni, Si, W | 4x |
| Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr | 10x |
| Ce, N, P, S | 100x |
| B | 1000x |

Tabella 1.10: Sottocategoria 2.3

| X | %C × 100 | Simboli elementi in lega | Concentrazione degli elementi in lega |
|--|-----------------|-----------------------------------|--|
| Se necessario GX per acciai da getto o PMX per metallurgia delle polveri | | In ordine decrescente di quantità | Senza fattori moltiplicativi |

Esempio. 1.2.6: Esempi di nomenclatura 2.3

| | | |
|------------|--------------------|----------------------|
| X5CrNi18-8 | 0.05% 18% 8% | Carbonio Cr Ni |
|------------|--------------------|----------------------|

1.2.2.4 Sottocategoria 2.4

Acciai rapidi (HS).

Gli acciai super-rapidi sono caratterizzati da 4 numeri **in quello specifico ordine: W, Mo, V, Co.**

Gli acciai rapidi e semi-rapidi sono caratterizzati da 3 numeri **sempre nello specifico ordine: W, Mo, V.**

Esempio. 1.2.7: Esempi di nomenclatura 2.4

| | | |
|-----------|----------------------|--|
| HS7-4-2-5 | 7% 4% 2% 5% | Tungsteno Molibdeno Vanadio Cobalto |
|-----------|----------------------|--|

1.2 (2) Continuare con la parte 2 della UNI EN 10027:2016

Tabella 1.11: Sottocategoria 2.4

| HS | Concentrazione degli elementi in lega |
|---|--|
| Se necessario PMHS per metallurgia delle polveri | Nell'ordine: W, Mo, V, Co |

APPENDICE A

Considerazioni aggiuntive sulla UNI EN 10020

A.1 Tipologie di acciai non legati speciali

Di seguito sono riportati quali acciai rientrano in questa classe.

1. acciai che presentano un valore minimo di resilienza allo stato bonificato;
2. acciai che presentano un valore stabilito di profondità di penetrazione di tempra o di durezza superficiale allo stato temprato, bonificato o indurito superficialmente.
3. acciai per i quali sono prescritti tenori particolarmente ridotti di inclusioni non metalliche.
4. acciai con tenore massimo di S e P $\leq 0.020\%$ su analisi di colata.
5. resilienza $\geq 27J$ a -50° su provini Charpy a V in senso longitudinale.
6. acciai per reattori nucleari con limitazioni su tenori di Cu $\leq 0.10\%$, Co $\leq 0.05\%$ e V $\leq 0.05\%$.
7. acciai che presentano conduttività elettrica $\geq 9Sm/mm^2$.
8. acciai per cemento armato precompresso.
9. acciai indurenti per precipitazione con C $> 0.25\%$ con struttura di ferrite-perlite, con aggiunta di micro-leganti come Nb e V (sotto ai limiti del prospetto 1.2).

A.2 Tipologie di acciai legati di qualità

1. Acciai saldabili a grano fine per impieghi strutturali, che rispondano contemporaneamente alle seguenti prescrizioni:
 - $R_{s,min} < 380MPa$ ($s < 16mm$);
 - valore degli elementi in lega inferiori a valori imposti rigorosamente dalla norma;

- acciai con valore minimo di $KV \leq 27J$ (provetta Charpy, intaglio a V, -50°).
2. acciai che contengono solo Si (o Si e Al) come elementi in lega, con prescrizioni riguardanti la limitazione delle perdite magnetiche e/o dei valori minimi dell'induzione magnetica;
 3. acciai per rotaie, per parancole e armature di miniere;
 4. acciai legati per i quali il Cu è il solo elemento prescritto;
 5. acciai legati per prodotti piani laminati a caldo o a freddo destinati a operazioni severe di deformazioni a freddo e contenenti elementi affinanti il grano quali B, Nb, Ti, V e/o Zr;
 6. acciai bifasici

A.3 Tipologie di acciai legati speciali

1. per costruzioni meccaniche, per apparecchi a pressione, e/o con caratteristiche fisiche particolari;
2. acciai rapidi, acciai da utensili;
3. acciai per cuscinetti e altri acciai per usi particolari;

APPENDICE B

Acronimi

| | |
|------------|--|
| CEN | Comitato Europeo di Normazione |
| ISO | International Organization for Standardization |
| TR | Technical Report |
| TT | Trattamenti Termici |
| UNI | Ente nazionale di 'UNI'ficazione |

CONFIDENTIAL