



Sintesi dei contenuti del documento

Finalità del presente documento:
materiale formativo per i docenti di Architettura
e Ingegneria civile. Può essere utilizzato
integralmente o per capitoli separati

Preparato da un gruppo di esperti ISSF*

Membri:

- Eduardo Carragueiro (Böllinghaus)
- Thierry Cremailh (Schmolz + Bickenbach)
- Bernard Heritier (ISSF)
- Clara Herrera (Deutsche Edelstahl Werke)
- Jun Ishikawa (ISSF)
- Marco Massazza (Cogne Acciai Speciali)
- Thomas Pauly (Euro-Inox)
- Luis Peiro (Acerinox)

* International Stainless Steel Forum, Avenue de Tervueren 270, B-1150 Bruxelles www.worldstainless.org

Revisionato da un Comitato consultivo

Membri:

- Prof. Dinar Camotim (Instituto Superior Técnico , Lisbona, Portogallo)
- Prof. Katherine Cashell (Brunel University, Londra, Regno Unito)
- Prof. Christelle Gress (Ecole Nationale d'Architecture, Strasburgo, Francia)
- Prof. Laura Daglio (Politecnico Milano, Italia)
- Prof. Helmut Hachul (Fachhochschule Dortmund, Germania)
- Prof. Satish Kumar (Indian Institute of Technology, Chennai, India)
- Prof. Satoshi Nara (Università di Osaka, Giappone)
- Prof. Esther Real (Universitat Politècnica de Catalunya, Barcellona, Spagna)
- Prof. Barbara Rossi (KU Leuven, Belgio)
- Prof Antonio Santa-Rita (Universi Lusofona ... Lisbona, Portogallo)
- Prof. Pedro Vellasco (Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasile)

Indice

1. [L'acciaio inossidabile nell'arte](#)

2. [A. Applicazioni - Architettura](#)

1- Facciate 2 - Facciate verdi 3 – Tetti 4 - Decorazione d'interni 5 – Tubazioni 6 - Scale mobili e ascensori 7 – Aeroporti 8 - Arredi urbani 9 – Restauro 10 – Stadi 11 - Piscine

[B. Applications - Infrastrutture](#)

1 - Distribuzione dell'acqua 2 – Ponti 3 – Infrastrutture costiere

3. [Perché l'acciaio inossidabile](#)

4. [Cosa sono gli acciai inossidabili?](#)

5. [Resistenza alla corrosione](#)

6. [Caratteristiche meccaniche](#)

7. [Applicazioni strutturali](#)

A – Rebar B - Prodotti piatti


























8. [Superfici e finiture in acciaio inossidabile](#)

9. [Unione e fabbricazione di acciai inossidabili](#)

10. [Formati e disponibilità](#)

11. [Sostenibilità](#)






Associazioni per lo sviluppo dell'acciaio inossidabile nel mondo: dove trovare informazioni e documenti gratuiti da scaricare

SSDA	Sito web	Paese/regione	Media sociali
ISSF	worldstainless.org	Globale	   
Abinox	abinox.org.br	Brasile	  
ASSDA	assda.asn.au	Australia	  
BSSA	bssa.org.uk	Regno Unito	  
Cedinox	cedinox.es	Spagna	
Centro Inox	centroinox.it	Italia	
IMINOX	iminox.org.mx	Messico	  
ISER	edelstahl-rostfrei.de	Germania	 
ISSDA	stainlessindia.org	India	  
JSSA	jssa.gr.jp	Giappone	
KOSA	kosa.or.kr	Corea	  

Associazioni per lo sviluppo dell'acciaio inossidabile nel mondo: dove trovare informazioni e documenti gratuiti da scaricare

SSDA	Sito web	Paese/regione	Media sociali
NZSSDA	nzssda.org.nz	Nuova Zelanda	 
PASDER	turkpasder.com	Turchia	
SASSDA	sassda.co.za	Sudafrica	  
SSINA	ssina.com	America del Nord	
CSSC	cssc.org.cn	Cina	
SSN	stalenierdzewne.pl	Polonia	
Swiss Inox	swissinox.ch	Svizzera	
TSSDA	tssda.org	Tailandia	
USSA	ussa.su	Russia	
ICDA	icdacr.com	Globale	 
IMOA	imoa.info	Globale	 
Nickel Institute	nickelinstitute.org	Globale	  

Associazioni per lo sviluppo dell'acciaio inossidabile nel mondo: dove trovare informazioni e documenti gratuiti da scaricare

SSDA	Sito web	Paese/regione	Media sociali
Construiracier	construiracier.fr/tout-sur-lacier/les-aciers-inoxydables/	Francia	    
Team Stainless	Stainlessconstruction.com	Globale	
Portale dedicato alla formazione sull'acciaio inossidabile	issftraining.org	Globale	

Presentazione di supporto per i
docenti di Architettura e Ingegneria
civile

Capitolo 01

Arte



Ubicazione:
Falkirk, Scozia

Materiale:
acciaio strutturale
rivestito con acciaio
inossidabile di tipo
316L (S31603)

Dimensioni:
30 metri di altezza

Peso:
300 tonnellate
ciascuno

**Anno di
realizzazione:**
2013

Andy Scott: I kelpie ^{1,2}

Andy Scott: "Il concetto originario dei mitici cavalli d'acqua è stato un punto di partenza valido per lo sviluppo artistico delle strutture. Ho preso quel concetto e l'ho usato per approdare a una risposta più "equina" e contemporanea, passando da eventuali riferimenti mitologici a un monumento storico-sociale finalizzato a celebrare il ruolo del cavallo nell'industria e nell'agricoltura, nonché l'associazione evidente con i canali come cavalli da traino".

**Ubicazione:**

Bruxelles, Belgio

Materiale:Acciaio inossidabile
lucidato 1.4404
(316L)**Dimensioni:**102 metri di
altezza, ciascuna
delle nove sfere
con diametro di 18
m**Peso:**

2400 tonnellate

**Anno di
realizzazione:**

1958

Design: A. Waterkeyn Architetti: A. e J. Polak: Atomium ^{3, 4}

Il monumento Atomium è stato realizzato per l'Esposizione universale di Bruxelles del 1958. Le sue nove sfere sono connesse in modo tale da ricreare la forma della cella unitaria di un cristallo di ferro ingrandita 165 miliardi di volte. Nel periodo di tre anni dal 2004 al 2006 l'opera è stata restaurata; durante questa operazione, le lastre in alluminio delle sfere, ormai sbiadite, sono state sostituite con delle analoghe in acciaio inossidabile. La CNN l'ha battezzato come l'edificio più stravagante d'Europa! È una delle maggiori attrazioni di Bruxelles.



Ubicazione:
St. Louis, MO, USA
Materiale:
acciaio inossidabile
AISI 304
(rivestimento)
Dimensioni:
192 m di altezza
Peso:
4164 tonnellate
**Anno di
realizzazione:**
1965

Designer: E. Saarinen Ingegnere: H. Bandel: Gateway Arch ^{5, 6}

Costruito per essere *“un memoriale pubblico adatto e permanente dedicato agli uomini che hanno reso possibile l'espansione territoriale verso ovest degli Stati Uniti....”*, il gateway Arch di St. Louis, MO, USA, con i suoi 192 m di altezza, è l'arco più alto del mondo ed è diventato il simbolo della città di St. Louis. L'arco pesa 4164 tonnellate: di cui 803 t costituiscono il rivestimento in acciaio inossidabile AISI 304.



Ubicazione:
Chicago, USA

Materiale:
lastre in acciaio
inossidabile 316
con elevato grado
di lucidatura

Dimensioni:
10 per 20 per 13 m

Peso:
110 tonnellate

**Anno di
realizzazione:**
2004

Sir Anish Kapoor: Cloud Gate ^{7, 8}

Il Cloud Gate è la prima opera esterna pubblica dell'artista britannico Anish Kapoor, installata negli Stati Uniti. La scultura ellittica, che pesa 110 tonnellate, è formata da una serie ininterrotta di lastre in acciaio inossidabile con elevato grado di lucidatura che riflettono il famoso skyline di Chicago e le nuvole sovrastanti. Un arco alto 12 piedi funge da "ingresso" alla stanza concava sotto alla scultura, invitando i visitatori a toccare la sua superficie a specchio e a guardare la propria immagine riflessa da diverse prospettive. Ispirata al mercurio liquido, la scultura è una delle più grandi del suo genere al mondo.



Ubicazione:
Normandia, Francia
Materiale:
Acciaio inossidabile
2205 e 316L
Dimensioni:
9 m di altezza
Peso:

**Anno di
realizzazione:**
2004

Anilore Banon: Les Braves ^{9 - 11}

Questo memoriale si erge sulla spiaggia nota come Omaha Beach nel villaggio di St. Laurent-sur-Mer in Normandia, Francia e commemora i soldati caduti sulle spiagge della Normandia nel D-Day, il 6 giugno 1944. Il 5 giugno 2004 il memoriale fu dedicato al 60° anniversario dello sbarco.

**Ubicazione:**

Toledo Museum of Art, Toledo, OH, USA

Materiale:

Acciaio inossidabile verniciato

Dimensioni:

377 x 235 x 245 cm ciascuno

Peso:**Anno di****realizzazione:**

2010

Jaume Plensa: Mirror I e II ^{12, 13}

Il concetto principale di quest'opera è quello del dialogo. Le due figure si guardano reciprocamente, come in una conversazione eterna e silenziosa. Il titolo, *Mirror*, è l'azione compiuta dalle figure una di fronte all'altra — come se fossero il riflesso dei pensieri e dei sogni dell'altro. Lo spazio è sufficiente per permettere all'osservatore di stare tra le due figure e "partecipare" alla conversazione. Le figure sono modellate con le lettere di otto alfabeti: arabo, cinese, greco, hindi, ebraico, giapponese, latino e russo. Secondo l'artista, questo tipo di dialogo e interazione sono centrali per l'apprendimento e, cosa più importante, per la comprensione, tra le persone e le culture.



Ubicazione:
Guggenheim
Museo, Bilbao,
Spagna
Materiale:
bronzo, marmo e
acciaio inossidabile
Dimensioni:
9mx10mx12m
Peso:

**Anno di
realizzazione:**
1999

Louise Bourgeois: Maman ¹⁴

Il titolo *Maman* valorizza le contraddizioni dinamiche insite nella scultura. Perché il ragno? *"Perché mia madre è stata la mia migliore amica e lei era pacata, intelligente, paziente, tranquillizzante, giudiziosa, elegante, sottile, indispensabile, ordinata e utile come un ragno. Era capace di difendersi e di difendermi, rifiutando di rispondere a domande 'stupide', indiscrete, imbarazzanti e personali"*.



Ubicazione:
Helsinki, Finlandia

Materiale:
600 tubi in acciaio
inossidabile di
grado EN1.4404
(AISI 316L)

Dimensioni:
8,5 m di altezza,
10,5m di lunghezza
e 6,5m di
profondità

Peso:
24 tonnellate

**Anno di
realizzazione:**
1967

Eila Hiltunen: monumento a Sibelius (1967) ¹⁵

Il monumento a Sibelius situato a Helsinki, Finlandia, è dedicato al compositore finlandese Jean Sibelius. La scultura, del peso di 24 tonnellate, è realizzata con più di 600 tubi in acciaio inossidabile saldati tra loro e strutturati come un'onda che riproduce la forma delle canne d'organo.



Ubicazione:
Oslo, Norvegia
Materiale:
acciaio inossidabile
e pannelli di vetro
Dimensioni:
12 per 17 per 16 m
Peso:

**Anno di
realizzazione:**
2010

Monica Bonvicini: Hun Ligger (She Lies) ¹⁶

È un'installazione permanente, fluttuante sull'acqua del fiordo su una piattaforma di cemento vicino all'Opera House di Oslo, 12 m sopra la superficie del mare. La scultura ruota sul proprio asse in corrispondenza con le maree e il vento, offrendo così cambiamenti di visuale attraverso i riflessi dall'acqua e le superfici trasparenti.



Ubicazione:
Gerusalemme

Materiale:
Acciaio inossidabile
lucidato

Dimensioni:
5 m di altezza e 5 m
di diametro

Peso:

**Anno di
realizzazione:**
2010

Sir Anish Kapoor: Turning the world upside down ¹⁷

L'opera in acciaio inossidabile, alta 5 m e con un diametro di 5 m, proietta l'intera città di Gerusalemme nel cielo, per testimoniare l'importanza spirituale di Gerusalemme come città celeste.



Ubicazione:
Reykjavík, Islanda
Materiale:
acciaio inossidabile
Dimensioni:
9 m x 18 m x 7 m
Peso:

**Anno di
realizzazione:**
1990

Jon Gunnar Arnason: Sun Voyager ¹⁸

"Sun Voyager è una nave da sogno, un'ode al sole. A livello intrinseco, rappresenta la promessa di un territorio sconosciuto, un sogno di speranza, progresso e libertà". La scultura è situata sul mare a Sæbraut, al centro di Reykjavík, Islanda.



Ubicazione:
giardini della
tenuta di Trentham,
Regno Unito

Materiale:
filo di acciaio
inossidabile

Dimensioni:

Peso:

**Anno di
realizzazione:**

Robin Wight: Fantasywire ¹⁹

Lo scultore britannico Robin Wight crea scene sensazionali di fate soffiate dal vento che afferrano soffioni, si aggrappano agli alberi, apparentemente sospese a mezz'aria, realizzando il tutto con forme intensamente avvolte da filo di acciaio inossidabile. Attualmente molte opere di questo artista sono esposte nei giardini della tenuta di Trentham.

<http://www.fantasywire.co.uk/>



Ubicazione:
Versailles, Francia
Materiale:
acciaio inossidabile
Dimensioni:
3m x 1,5m x 4m
Peso:

**Anno di
realizzazione:**
2009

Joana Vasconcelos: Marilyn (2009) ²¹

Marilyn prende la forma di un elegante paio di sandali con il tacco alto, in scala ingrandita grazie dall'impiego di pentole e dei rispettivi coperchi. L'associazione improbabile e al tempo stesso decisa tra le pentole e i sandali con il tacco alto, due simboli paradigmatici della dimensione privata e pubblica della Donna, propone una revisione del Femminile alla luce delle consuetudini del mondo contemporaneo. Il ricorso alle pentole, simbolo tradizionalmente associato alla sfera domestica della Donna, finalizzato a riprodurre un enorme sandalo con il tacco alto, simbolo della bellezza e dell'eleganza imposte dalle convenzioni sociali, contraddice l'impossibilità della relazione dicotomica del Femminile nella sfera domestica e sociale. L'oggetto rappresentato appare quindi come il panegirico della dualità femminile, lasciando intendere la realizzazione completa dell'individualità sovvertendo la norma sociale.

**Ubicazione:**

Tuxtla Gutierrez, Messico

Materiale:

acciaio inossidabile
rivestito

Dimensioni:

48 m (62 m con il
basamento)

Peso:

2000 tonnellate

Anno di realizzazione:

2007

Architetto Jaime Latapi Lopez: Cristo de Chiapas ²⁰

Il "Cristo de Chiapas" è una croce imponente rivestita di acciaio inossidabile color oro che fa risaltare la figura di Cristo e risplende con il riflesso dei raggi del sole.



Ubicazione:
New York, USA

Materiale:
acciaio inossidabile
ad alto tenore di
cromo con
rivestimento
colorato
trasparente

Dimensioni:
357 x 218 x 121 cm

Peso:

**Anno di
realizzazione:**
1 versione di 5
versioni uniche
1994–2007

Jeff Koons: Sacred Heart Red/Gold ... ²²

“...commenta sarcasticamente lo svilimento dell'esperienza emotiva e religiosa.”

(NY Times)





Ubicazione:

Materiale:

acciaio inossidabile
316L

Dimensioni:

71 cm x 41 cm x 41
cm

Peso:

Anno di realizzazione:

Gil Bruvel: Dichotomy ²³

Ispirata alle complessità del vivere appieno in tutti i mondi contemporaneamente, Dichotomy medita sulla natura duale dell'esistenza e la celebra. Composta da "brandelli di energia" che cercano di catturare il processo di implicare tutti i livelli dell'esistenza allo scopo di essere completamente umani, la scultura riflette la forza naturale e la quieta imponenza insite nell'integrazione dei vari livelli dell'esistenza. La figura abita quindi in uno spazio meditativo sereno, abbracciando completamente una dicotomia di esistenze: anima e animus, maschile e femminile, conscio e inconscio, veglia e sogno.



Ubicazione: Charlotte, NC, USA

Materiale: acciaio inossidabile

Dimensioni: altezza 8 m

Peso: 14 tonnellate di acciaio inossidabile

Anno di realizzazione: 2011

David Černý: Metamorphosis ²⁴

La struttura è costituita da sette strati separati che ruotano a intermittenza, esaminando minuziosamente le caratteristiche della scultura. All'interno della struttura sono presenti dei motori di comando con programmi personalizzati per coordinare le sequenze coreografiche. Ogni motore ha un interruttore di feedback che consente al computer di sapere esattamente qual è la posizione di ogni elemento in un determinato momento, permettendo il movimento casuale all'interno delle sequenze. David comanda personalmente questo movimento via Internet, una sorta di continuazione della sua opera che inserisce l'ingegneria meccanica e informatica come parte integrante del progetto. È possibile visualizzare il video in diretta streaming della scultura in movimento all'indirizzo www.metalmorphosis.tv

**Ubicazione:**

A metà strada tra Oslo e Trondheim, Norvegia

Materiale:

Acciaio inossidabile AISI 316 lucidato

Dimensioni:

10,3 m di altezza
11,5 m di lunghezza

Peso:**Anno di**

realizzazione: 2015

Linda Bakke: The Big Elk ²⁵

The Big Elk, ideata dall'artista norvegese Linka Bakke, si trova nell'area picnic di Bjøråa, nel comune di Stor-Elvdal, a metà strada tra Oslo e Trondheim, in Norvegia. Questo punto di riferimento, a parte la sua bellezza intrinseca, ha lo scopo di attirare l'attenzione dei guidatori e aumentare la sicurezza stradale, in quanto li invita a fermarsi, sgranchirsi le gambe e quindi riposarsi dalle fatiche del viaggio. The Big Elk ha focalizzato l'attenzione sul mondo animale ed è diventato un simbolo regionale. Il fondo d'arte Sparebanken Hedmark ha elargito 2 milioni di NOK (207.000 euri) per la realizzazione della scultura.

<http://lindabakke.webs.com/sculptureskulptur.htm>



Ubicazione: Parigi
Place Augusta
Holmes
Materiali:
Acciaio
inossidabile, vetro
e plastica
Dimensioni:

Peso:
**Anno di
realizzazione:**
2008

Chen Zhen: La danse de la fontaine émergente ²⁶

La fontana, ideata dall'artista franco-cinese, rappresenta un drago che si snoda intorno alla piazza e che si immerge ed emerge dal pavimento. La pelle trasparente del drago fa intravedere l'acqua che scorre al suo interno. La fontana è suddivisa in tre parti. Una parte, opaca, sembra affiorare dalla parete dell'impianto di approvvigionamento idrico per poi immergersi nel sottosuolo. Le altre due parti, trasparenti, mostrano il drago inarcarsi dal pavimento. L'acqua sotto pressione fluisce al suo interno e viene illuminata durante la notte. La fontana è stata commissionata dalla Città di Parigi nel 1999 ed è stata inaugurata il 6 febbraio del 2008. Sebbene l'artista sia mancato nel 2000, ha lasciato dei disegni che mostravano l'aspetto finale della fontana, opera successivamente completata da Xu Min, sposa e collaboratrice dello scultore. La realizzazione è venuta a costare 1,2 milioni di euro, per la maggior parte finanziati dalla Città di Parigi e dal Ministero della Cultura francese.

Riferimenti: Wikipedia e <https://www.parisladouce.com/2013/03/paris-la-danse-de-la-fontaine-emergente.html>

**Ubicazione:**

Barcellona, Spagna

Materiale: acciaio inossidabile**Dimensioni:** 38 m di altezza, 58 m di lunghezza**Peso:** non disponibile**Anno di realizzazione:** 1992

Frank Gehry: The golden fish ²⁷

The Golden Fish è una scultura in rete metallica rappresentante un pesce ondeggiante con la bocca aperta. È realizzato in pietra e acciaio. Le squame in acciaio inossidabile colorato rame scintillano sotto il sole mediterraneo e cambiano aspetto a seconda dell'angolo di incidenza dei raggi solari e delle condizioni atmosferiche, accentuando la forma organica di questa grande scultura.

The Golden Fish, El Peix d'Or in catalano, è stato realizzato per il villaggio olimpico di Barcellona 1992 e per il porto. La scultura in acciaio inossidabile colorato funge da tettoia per l'area commerciale che collega il lussuoso Hotel Arts con il lungomare in prossimità della Olympic Marina. È uno dei punti di riferimento più amati e iconici del lungomare di Barcellona. <http://www.barcelonaturisme.com/wv3/en/page/1232/peix-fish-frank-gehry.html>



Ubicazione: Shanghai, Cina
Materiale: acciaio inossidabile
Dimensioni: 8 m di altezza, 12 m di lunghezza
Peso: non disponibile
Anno di realizzazione: 2015



Zhan Wang + Atelier Deshaus: Blossom Pavilion ²⁸

Il punto di partenza per il progetto sono state le sculture di Zhan Wang in acciaio inossidabile della “Rockery Series”, sul quale l’artista sta lavorando dal 1995. L’atelier Deshaus ha reinterpretato queste forme come elementi strutturali, con l’obiettivo di creare un padiglione modellato su un giardino roccioso. Sei sottili colonne aventi la forma di una roccia sostengono un tetto massiccio in acciaio, sormontato da piante e fiori. Le colonne riflettenti sono disposte casualmente, anziché nei punti più strutturalmente efficienti, appunto per rafforzare l’idea del giardino roccioso. <https://www.archdaily.com/792211/blossom-pavilion-atelier-deshaus/5799b693e58ece81bd00004a-blossom-pavilion-atelier-deshaus-photo>



Materiale: acciaio
inossidabile

Dimensioni: grandezza
naturale

Peso: non disponibile

Anno di realizzazione: -

Martin Debenham: mermaid 3 ²⁹

Lo scultore contemporaneo inglese Martin Debenham crea sculture in filo in acciaio inossidabile ispirate dalla fantasia e dalla natura. Lavorando con un materiale malleabile che ha un potenziale sconfinato, la crescente collezione dell'artista autodidatta presenta impressionanti strutture ottenute da intricati fili ritorti, curve e saldature di ottima fattura. Sembrando essere disegni tridimensionali, la maggior parte dei capolavori in metallo di Debenham sono realizzati per essere esposti all'aperto. Quando sono esposti agli ambienti naturali, sembrano evocare narrazioni mitiche mentre brillano alla luce del sole. Per esempio, un'opera raffigura una sirena scolpita da un filo che siede su una roccia davanti a uno stagno di ninfee, posizionata come se stesse pensando di andare a farsi una nuotata. Ciascun trefolo di filo è stato modellato in modo tale da imitare le forme del corpo femminile, per poi fluire nella lunga coda della sirena. <https://mymodernmet.com/wire-sculptures-martin-debenham/>



Ubicazione:

Materiale:
acciaio inossidabile
lucidato e colorato

Dimensioni:
3 pannelli da
1mx1m ciascuno

Peso:

**Anno di
realizzazione:**
2011

Robert Gahr: Surge³⁰

Scultura a parete



Ubicazione:

Materiale:

Dimensioni:

2,1 m di altezza

Peso:

Anno di

realizzazione:

Alfonso Karo: #1 Kinetic Wind Sculpture

25 elementi in acciaio inossidabile a forma di diamante che si collegano tra loro, si auto-equilibrano e si spostano in modo indipendente nel vento. Fare clic [qui](#) per il video (4':51'')



Ubicazione:
Corea del sud

Materiali: acciaio
inossidabile
verniciato

Dimensioni:
273x160x95cm

Peso:

**Anno di
realizzazione:**
2017

NEW 2019!

Sun Hyuk Kim: Forgotten Memory ^{32, 33}

L'artista Sun-Hyuk Kim si ispira ai complessi sistemi di radici che si trovano in natura per costruire la forma umana. Ad ogni figura scultorea spunta un ramo o a volte un piccolo albero, che la fanno sembrare una sorta di ibrido tra un umano ed una pianta. Le grandi sculture in acciaio inossidabile presentano frammenti di volti, corpi senza testa e figure accovacciate verso terra come se fossero sopraffatte da un grande peso sulla schiena.

Le sculture minimaliste di Kim permettono di proiettarci verso ognuna delle sue realizzazioni. Loro comunicano un senso di fragilità. Noi tutti conosciamo come ci si sente ad essere tirati in direzioni differenti e lo stato, spesso disagiata, di crescita e cambiamento. Ma questa consapevolezza ci connette tutti e ci ricorda che l'esperienza umana è vasta ed in continua evoluzione, proprio come quella di un albero.



E ci sono molte altre opere!

<http://www.worldstainless.org/applications/art>

<http://street-furniture.org/furniture/Art>

Se conoscete altre opere d'arte degne di nota,
fatecelo sapere!



Riferimenti (1/3)

1. <http://www.thekelpies.co.uk/>
2. http://en.wikipedia.org/wiki/The_Kelpies
3. <http://atomium.be/>
4. <http://en.wikipedia.org/wiki/Atomium>
5. <http://www.gatewayarch.com/>
6. http://en.wikipedia.org/wiki/Gateway_Arch
7. http://www.cityofchicago.org/city/en/depts/dca/supp_info/millennium_park_artarchitecture.html
8. http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_Gate
9. <http://saintluciasculpturepark.com/portfolio/anilore-banon/>
10. <http://www.war-memorial.net/The-Braves---Les-Braves-1.292>
11. <https://www.youtube.com/watch?v=yHkOQWPZhyM>
12. <https://jaumeplensa.com/works-and-projects/public-space/mirror-2012/>
13. <https://www.theguardian.com/artanddesign/2011/mar/30/jaume-plensa-show-at-yorkshire-sculpture-park>
14. <https://www.theguardian.com/arts/gallery/2007/oct/03/spider>
15. <http://www.eilahiltunen.net/monument.html>

Riferimenti artistici (2/3)

16. <http://monicabonvicini.net/work/she-lies/>
17. <http://anishkapoor.com/111/turning-the-world-upside-down>
18. <https://www.gpsmycity.com/attractions/sun-voyager-28054.html>
19. <http://twistedgifter.com/2014/07/wire-fairy-sculptures-by-robin-wight/>
20. <http://megaconstrucciones.net/?construccion=cristo-chiapas>
21. http://joanavasconcelos.com/det_en.aspx?f=2393&o=933
22. <http://www.jeffkoons.com/artwork/celebration/sacred-heart>
23. <http://www.bruvel.com/exhibitions/houston-art-fair-2015>
24. <http://twistedgifter.com/2011/10/metalmorphosis-sculpture-david-cerny/>
25. <http://lindabakke.webs.com/sculptureskulptur.htm>
26. <https://www.parisladouce.com/2013/03/paris-la-danse-de-la-fontaine-emergente.html>
27. <http://twistedgifter.com/2011/10/metalmorphosis-sculpture-david-cerny/>
28. <https://www.archdaily.com/792211/blossom-pavilion-atelier-deshaus/5799b693e58ece81bd00004a-blossom-pavilion-atelier-deshaus-photo>

Riferimenti artistici (3/3)

29. <https://mymodernmet.com/wire-sculptures-martin-debenham/>
30. [http://www.gahr-metalart.com/artworks/metal wall art.htm](http://www.gahr-metalart.com/artworks/metal_wall_art.htm)
31. <http://www.ralfonso.com>
32. <http://www.worldstainless.org/applications/art>

Presentazione di supporto per i
docenti di Architettura e Ingegneria
civile

Capitolo 02
Applicazioni

Indice

1. [Facciate](#)
2. [Facciate verdi](#)
3. [Tetti](#)
4. [Decorazione d'interni](#)
5. [Tubazioni](#)
6. [Scale mobili e ascensori](#)
7. [Aeroporti](#)
8. [Arredi urbani](#)
9. [Restauro](#)
10. [Stadi](#)
11. [Piscine](#)

1. Facciate



In senso orario, dall'alto a sinistra:

1. Facciata del centro commerciale Westfield Doncaster a Victoria, Australia ⁴
2. Griglia frangisole in alluminio inossidabile nella facciata di una scuola di Washington, DC, USA. Riduce il riflesso, fa risparmiare energia, offre una buona visibilità ⁶
3. Tettoia con griglia in acciaio inossidabile sul cortile, Arizona, USA. Massimizza la schermatura del sole permettendo il flusso dell'aria ⁶
4. Centro medico di ricerca Lou Ruvo progettato da Frank Gehry, Las Vegas, USA ⁵

Facciata in acciaio inossidabile del condominio alto 285 m, New York,
USA. Architetto: Frank Gehry⁷



Inserti in acciaio inossidabile a specchio nella parete in calcestruzzo di un archivio, Bure-Saudron (51), Francia⁸





F. R. Weisman Art Museum, Minneapolis, USA (1993)

Architetto: Frank Gehry⁹

Gehry: "Ho sempre pensato che l'architettura riguardasse i materiali. Guardare i miei amici artisti lavorare direttamente con i materiali – il prodotto giusto è qualcosa che sembra giusto, reale, accettabile e non artefatto."

Per il museo Weisman, Gehry ha scelto l'acciaio inossidabile... Le sue superfici luminose, riflettenti, ma estremamente durature, hanno conferito all'edificio la sua straordinaria identità.



Kauffman Center for the Performing Arts, Kansas City, USA (2011)
Architetto: Moshe Safdie; Studio di ingegneria: Arup¹⁰

L'elevazione settentrionale dell'edificio, rivolta verso il centro di Kansas City, è costituita da una serie di pareti a volta rivestite con acciaio inossidabile che si innalzano dal suolo come un'onda. Dalla vetta, un tetto incurvato a specchio si estende in direzione del quartiere Crossroad, con i suoi edifici bassi, fino a sud per confluire in una parete vetrata alta 65 piedi e larga 330 piedi, che offre viste panoramiche dalla Brandmeyer Great Hall del Kauffman Center di Kansas City. La straordinaria facciata in vetro e il tetto sono ancorati con 27 cavi d'acciaio, come a ricordare uno strumento a corde.



Len Lye Centre, New Plymouth, NZ
Architetto: A. Patterson¹¹

Facciata alta 14 m realizzata con 32 tonnellate di acciaio inossidabile AISI 316 con elevato grado di lucidatura



Sede centrale della Delhi Metro Rail Corporation, India
Architetto: Raj Rewal & Associates¹²

Lo studio di architetti Raj Rewal & Associates ha progettato il rivestimento in acciaio inossidabile per l'edificio di Nuova Dehli, abbinando travi tubulari in acciaio inossidabile a pannelli in acciaio inossidabile interposti a pannelli di vetro temperato.



Centrale di teleriscaldamento, Torino, Italia

Architetto: JP Buffi¹³

La centrale di teleriscaldamento è stata rivestita con schermi curvi.

Le strisce in acciaio inossidabile color rame sono progettate per permettere aperture per uno sguardo nella centrale.



Capital gate Tower (2010), Abu Dhabi RMJM, Architects¹⁴⁻¹⁶

Il caratteristico 'scivolo' in acciaio inossidabile, che scende dal 19° piano, è un elemento di design e un dispositivo di ombreggiatura che elimina il 30 per cento del calore solare prima che raggiunga l'edificio Capital Gate. Lo scivolo avvolge anche l'edificio verso sud per proteggere il più possibile la torre dalla luce diretta del sole.

Lo 'scivolo' è fatto di 580 pannelli per un totale di ~5.000 m² di griglia di acciaio inossidabile



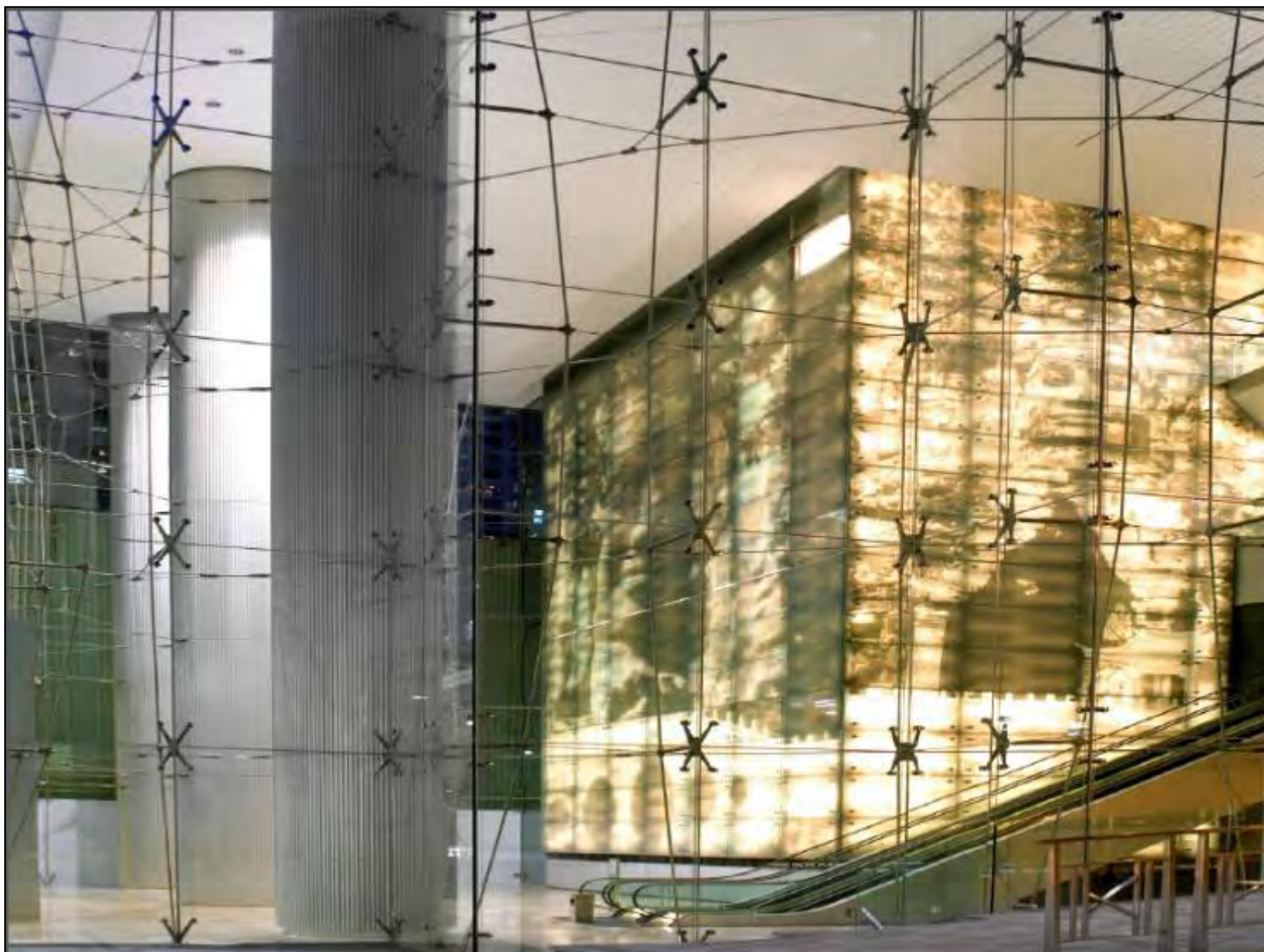
Facciata di vetro¹⁷

Una ragnatela di tiranti in acciaio inossidabile collegate da nodi sostiene la facciata di vetro, massimizzando l'area di luce, compresi gli angoli

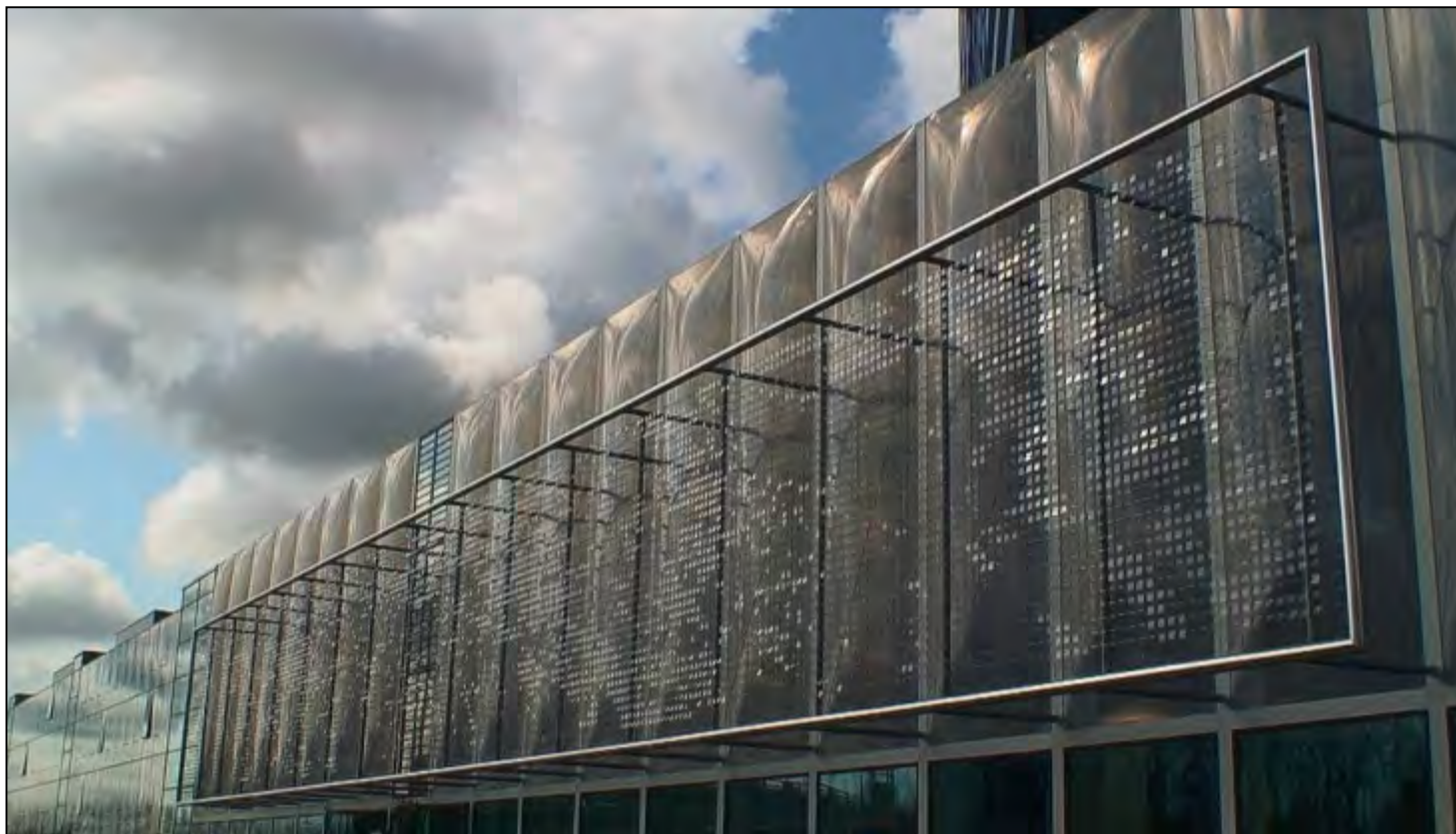


Facciata di vetro, Parigi ¹⁸

La facciata di vetro è sostenuta da una struttura in acciaio inossidabile leggera ed altamente resistente. La sfera sullo sfondo è la «Géode», una sala cinematografica in una sfera in acciaio inossidabile unica nel suo genere, che ruota di 360° e fa parte della «Cité des Sciences et de l'industrie».



Facciata di vetro, Parigi¹⁸



Facciata a rete di una palazzina di uffici, Utrecht, Paesi Bassi¹⁹

Architetti: Cepezed

Questa facciata di rete in acciaio inossidabile di 3.000 m² ospita dei dischi di plastica trasparenti.

Il vento fa vibrare la rete e i dischi si muovono, producendo increspature ed effetti di luce.



Edificio a risparmio energetico, Nantes, Francia ²⁰

Architetti: FORMA 6 & B. Dacher

Le intricate forme tagliate a laser della facciata in acciaio inossidabile conferiscono all'edificio un aspetto straordinario.



McGowan Academic center, Washington, DC, USA Facciata frangisole⁶

Il McGowan Academic Center è un college con aule di formazione.

L'edificio è dotato di un'area che funge da atrio, nella quale è integrata una facciata esterna ventilata, al centro dell'edificio orientato direttamente a est nelle ore mattutine.

La facciata frangisole in acciaio inossidabile riduce il riflesso durante il giorno e la quantità di aria condizionata necessaria per rinfrescare lo spazio nei mesi estivi. Per questa applicazione non è stato possibile ricorrere ai tradizionali prodotti frangisole in metallo, perché la visibilità era un aspetto di fondamentale importanza. Non offrivano una superficie aperta sufficiente.

Recupero del Castello di Rentyilly, Francia²²⁻²³



A sinistra: prima
Sotto: dopo

Un edificio di arte contemporanea nel parco di un castello.

La facciata è stata rivestita con piastre di acciaio inossidabile con finitura a specchio

Xavier Veilhan, architetto:
*«...l'edificio era lo spettro
di ciò che aveva
rappresentato...
Volevo che le pareti
riflettessero il parco
circostante...»*





St. Guy Hospital, Londra²⁴
Architetto: T. Heartherwick

La Boiler Suit, una facciata unica nel suo genere progettata per ospitare la sala caldaie del Guy's Hospital. È costituita da 108 piastrelle ondulate in acciaio inossidabile intrecciato e di notte è illuminata come un faro per dare il benvenuto al personale e ai visitatori che arrivano in ospedale al buio.



NEW 2018!

American Airlines Arena, Miami, USA

Realizzato con 3.400 piedi quadri (316 metri quadrati) di un tessuto a rete in acciaio inossidabile di alta qualità con dei profili LED intrecciati al suo interno, lo schermo Mediamesh® di Miami offre ai visitatori dell'Arena una visione senza ostacoli dall'interno e contenuti multimediali visivamente accattivanti dall'esterno. Occupando un'altezza di tre piani (42 piedi, 13 metri, di altezza per 80 piedi, 24 metri, di larghezza), la facciata del Mediamesh® di Miami è quattro volte più grande di un cartellone pubblicitario medio. L'arena ospita all'anno più di 1,3 milioni di spettatori per concerti ed eventi sportivi e familiari.

Riferimenti facciate (1/2):

1. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Facades_IT.pdf
2. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Innovative_facades_IT.pdf
3. <http://www.archiexpo.com/architecture-design-manufacturer/stainless-steel-facade-cladding-2964.html> Altri esempi qui!
4. <http://www.steelcolor.com.au/westfield-doncaster/>
5. <http://wikimapia.org/7695594/Cleveland-Clinic-Lou-Ruvo-Center-for-Brain-Health#/photo/3116187>
6. <http://cambridgearchitectural.com/>
7. <https://newyorkbygehry.com/>
8. <http://archinect.com/firms/project/39353/edf-archives-center/9174600>
9. http://greatbuildings.com/buildings/Weisman_Art_Museum.html
10. <http://www.arcspace.com/features/moshe-safdie-/kauffman-center-for-the-performing-arts/>
11. <http://pattersons.com/civic/len-lye-contemporary-art-museum/>
12. http://www.stainlessindia.org/UploadPdf/SI_Mar08.pdf
13. <http://www.archilovers.com/projects/30432/centrale-termica-teleriscaldamento-iride-energia.html>
14. <http://www.skyscrapercenter.com/building/capital-gate-tower/3172>

Riferimenti facciate (2/2):

15. <http://www.dailymail.co.uk/travel/article-1284591/Abu-Dhabi-Capital-Gate-skyscraper-leans-times-Tower-Pisa.html>
16. <http://www.e-architect.co.uk/dubai/capital-gate-abu-dhabi>
17. <http://hda-paris.com/>
18. <https://www.parisinfo.com/musee-monument-paris/71198/La-Geode>
19. http://issuu.com/hda_paris/docs/hda_2011_references_web_issu
20. <http://5osa.tistory.com/entry/Cepezed-and-Ned-Kahn-Studios-Vertical-Canal-fa%C3%A7ade-Utrecht-Netherlands>
21. <http://www.reseaux-artistes.fr/dossiers/beatrice-dacher/architecture-sully-2006-2010>
22. <http://www.marneetgondaire.fr/les-albums-photos/album-photos-490/le-chateau-de-rentilly-renaissance-en-2013-230.html?cHash=d2d475c49fe75ee015495efb35c04460>
23. <http://www.marneetgondaire.fr/le-parc/les-espaces-1705.html>
24. <http://www.dezeen.com/2007/08/20/boiler-suit-by-thomas-heatherwick>
25. http://www.gkdmediamesh.com/blog/the_role_of_metallic_mesh_in_transforming_stadium_architecture.html

2. Facciate verdi

Informazioni sulle facciate verdi

Le facciate verdi sono un elemento architettonico emergente, che offre all'edificio un'enorme quantità di vantaggi in termini di attrattiva per gli occupanti, controllo termico e miglioramento della qualità dell'aria.

L'utilizzo di cavi, barre e reti in acciaio inossidabile per orientare le piante rampicanti sulla facciata di un edificio rappresenta un'alternativa alla parete verde con piante tradizionali.

L'inserimento di una facciata verde in strutture esistenti è facile da realizzare.



Facciata verde¹

Locale del trasformatore elettrico, Barcellona. Dispositivi di fissaggi e cavi in acciaio inossidabile sostengono le piante.



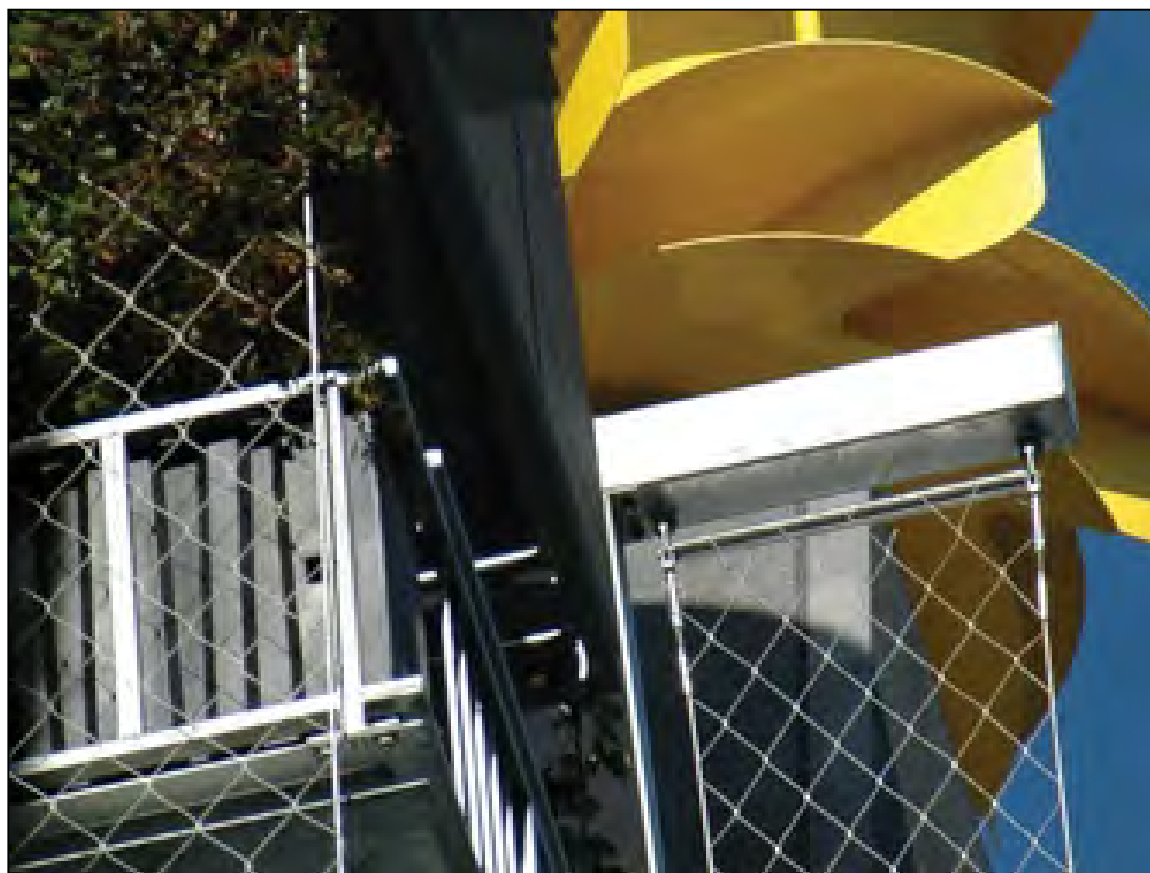
Facciate verdi per condomini² (realizzabili ovunque!)



Vantaggi:

- Isolamento migliorato
- Attenuazione dei rumori
- Microclima più fresco
- Biodiversità migliorata
- Qualità dell'aria migliore (filtraggio delle sostanze inquinanti)
- Valore estetico
- Benessere psicologico
- Ricaduta sociale ed economica positiva

Cavi e ancoraggi in acciaio inossidabile



Facciate verdi per condomini²

I vantaggi del reintrodurre Madre Natura in un ambiente sempre meno naturale sono così evidenti che il Governo australiano ha fondato il Consiglio per gli edifici verdi (Green Building Council, GDA) allo scopo di sostenere lo sviluppo di immobili sostenibili.



Architettura verticale del paesaggio

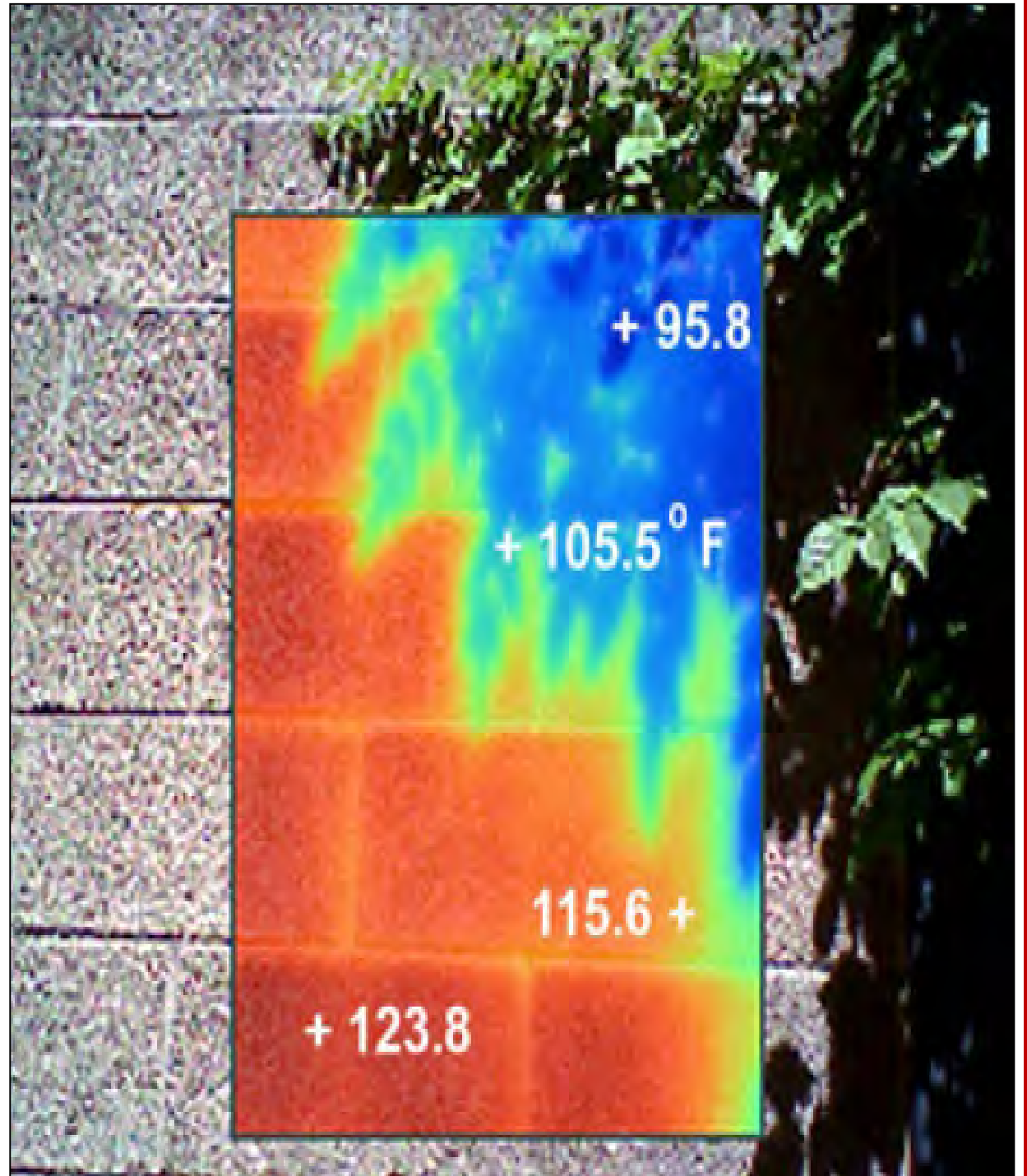
Sale del Consiglio di Melbourne City: i sistemi e i componenti reticolati in acciaio inossidabile offrono una struttura rampicante essenziale per la vita delle piante, trasformando le superfici dure che trattengono il calore in giardini verticali pieni di vita.





Facciata verde³

Fotografia a infrarossi che
dimostra le temperature della
superficie dell'edificio, Tampa, AZ.
°F, da rif. 4.





Ancoraggi e cavi


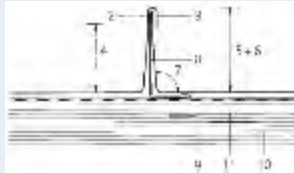
I sistemi in acciaio inossidabile sono facili da installare

Riferimenti facciate verdi

1. [https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro Inox/VertGardens IT.pdf](https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro%20Inox/VertGardens%20IT.pdf)
2. <http://www.ronstantensilearch.com/melbourne-city-council-chambers-northern-green-facade/>
3. <http://www.jakob.co.uk/information/image-galleries/greenwall-systems-gallery/large-scale-greenwall-systems.html>
4. http://drum.lib.umd.edu/bitstream/1903/11291/1/Price_umd_0117N_1_1876.pdf
5. <http://www.architectureartdesigns.com/30-incredible-green-walls/>

3. Tetti

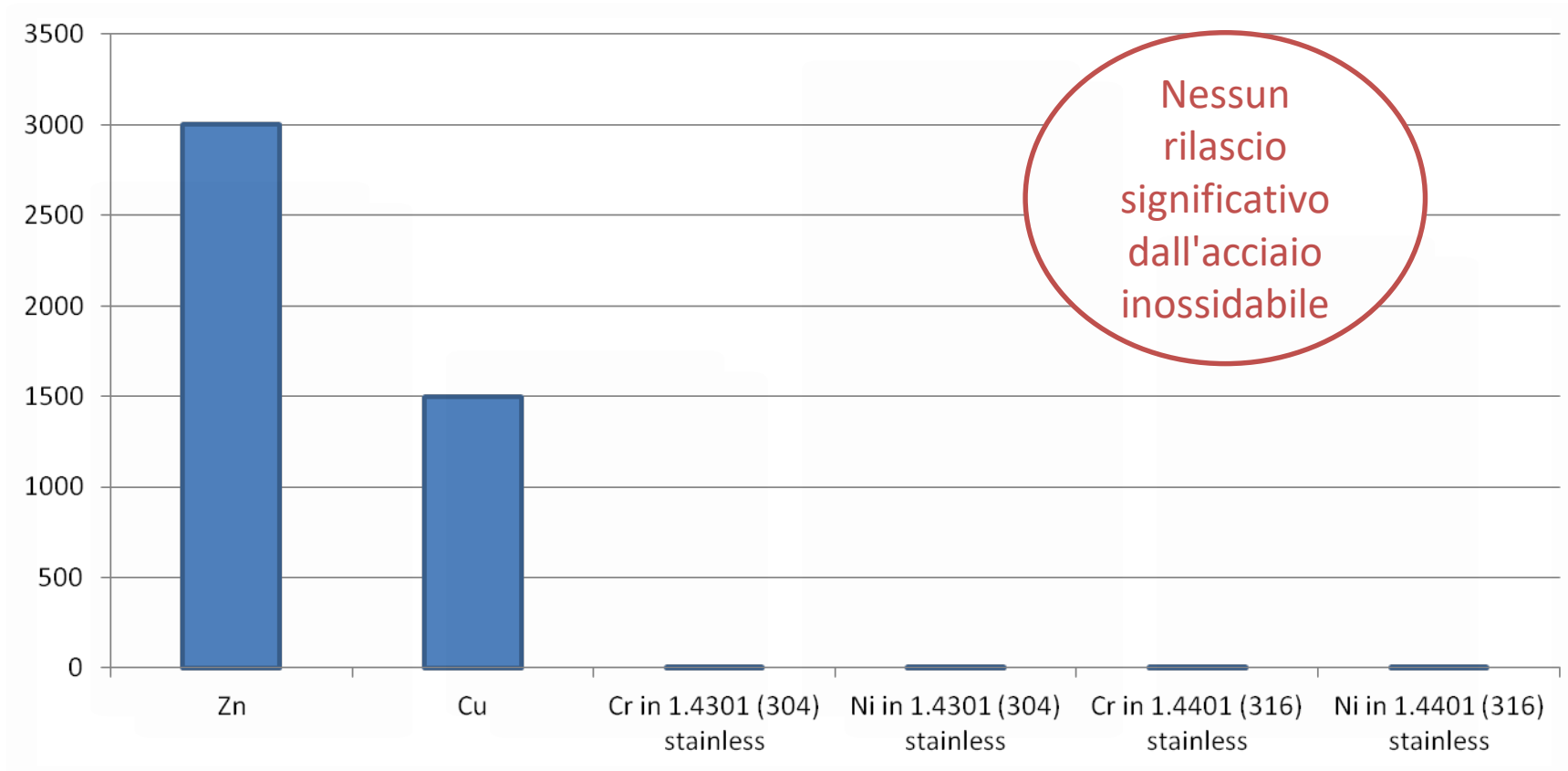
Caratteristiche normali dei tetti in acciaio inossidabile¹⁻⁴

	Inclinato (>3%)	Piatto
Materiale	Ferritico 1.4509 1.4510	Austenitico 1.4301 1.4401
Giunzione	Meccanica	Saldatura (per tenuta stagna)
		 <ul style="list-style-type: none"> 1 Stainless steel strip 2 Continuous seam weld 3 Foiled top of standing joint 4 Height to seamweld about 16 mm 5 Height of joint before folding about 30 mm 6 Height of joint after folding about 20 mm 7 Angle of about 92° 8 Sliding cleat 9 Stainless fastener 10 Acoustic/protective membrane 11 Supporting structure
Finitura superficiale	Opaca o piombata (Sn)*	Opaca o 2B (se è presente uno strato superiore)
Spessore	0,5 mm; 0,4 mm per prodotti per acqua piovana Permette una struttura leggera	
Durata	Durerà per tutta la vita dell'edificio	
Altro	Adatto per tetti verdi Negli interventi di ristrutturazione può essere posizionato direttamente sul tetto di bitume	

* In alcune aree Cu o Zn sono soggetti a limitazioni perché ecotossici e liscivianti nell'acqua piovana

Un nuovo problema, rilascio metallico nell'acqua piovana⁵

Principalmente nell'Europa settentrionale... deriva dalle richieste di qualità, disponibilità e riutilizzo dell'acqua



La biblioteca parlamentare di Delhi⁶⁻⁷

Architetto: Raj Rewal Associates



1. A sinistra: panoramica, con il Parlamento sullo sfondo.

2. A destra: vista della cupola focale centrale

La biblioteca, avente una superficie pari a $\sim 55,000 \text{ m}^2$, è limitata in altezza per non ostruire il Parlamento. La cupola focale centrale comprende un reticolo di elementi tubulari e cavi in acciaio inossidabile che convergono nei nodi di tensionamento chiave. La seconda cupola, contenente tubi in acciaio inossidabile, conosciuta come 'cupola VIP', ha un diametro di 16 m e un'altezza di 2,5 m.

In senso orario, dall'alto a sinistra:¹

1. Tetto di una chiesa in acciaio inossidabile, Leicester, UK
2. Ristorante della scuola, Oyonnax, Francia
3. Universum Science Centre, Brema, Germania



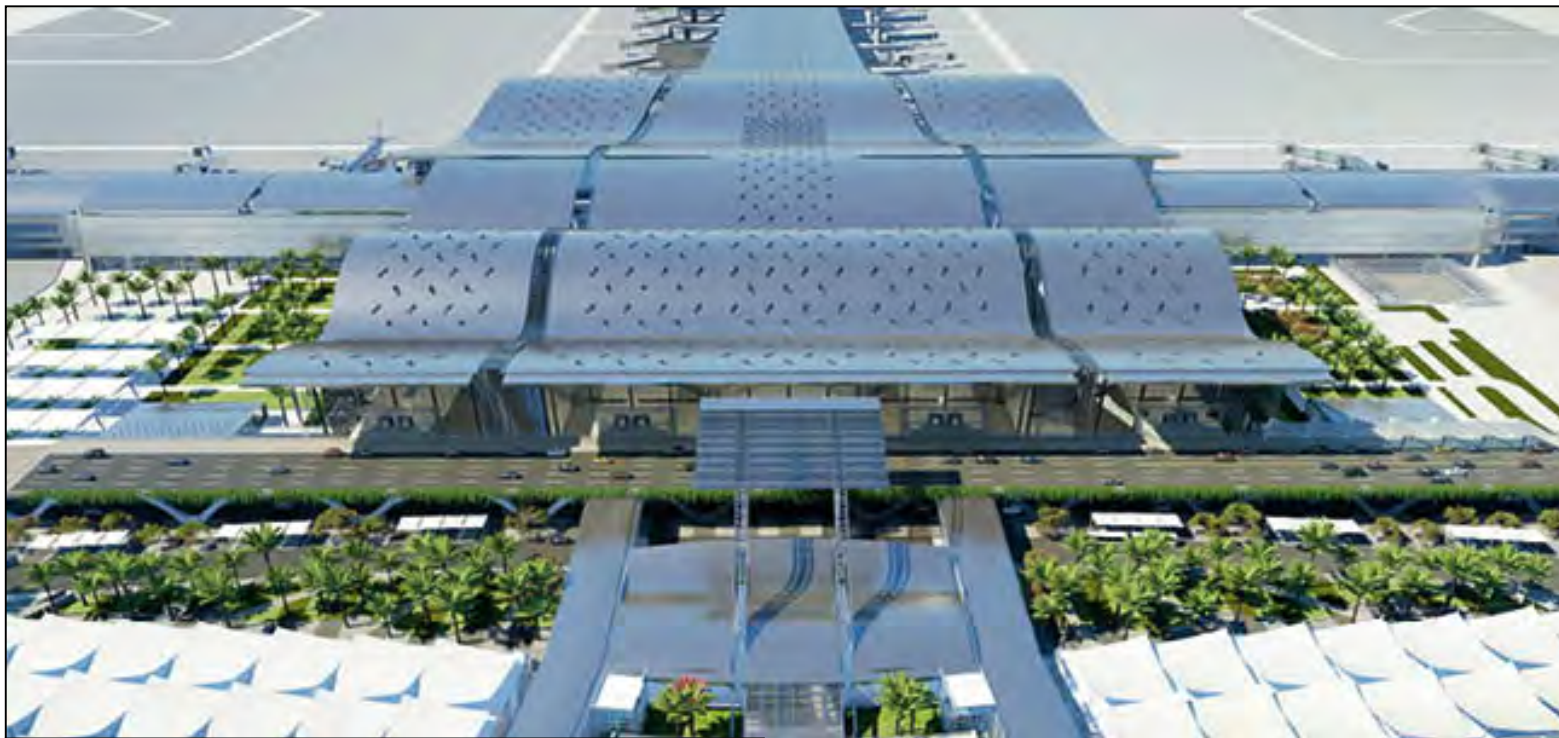


Padiglione EAU alla fiera di Shanghai⁸ **Architetti: Foster & Partners**

La struttura che riproduce una duna è fatta di reticolo triangolato, coperto con pannelli in acciaio inossidabile. È stata progettata per essere smontata.

Nuovo aeroporto di Doha, Qatar⁹⁻¹⁰

Architetti: HOK



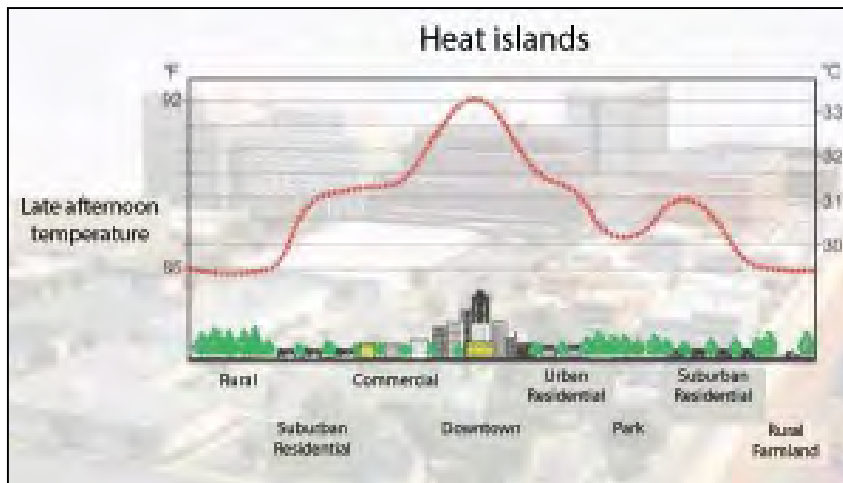
Il tetto ondulato è il più grande tetto in acciaio inossidabile del mondo (195.000 m²).

Presenta una finitura goffrata uniforme, semilucida, non direzionale.

È stato scelto un semplice grado duplex.

Non richiede manutenzione.

Tetti verdi^{1-4, 11-12}



Vantaggi

- Mitigano le isole di calore
- Riducono la polvere
- Favoriscono la biodiversità
- Offrono isolamento
- Riducono i rischi di allagamento
- Riducono il rumore
- Assorbono CO₂
- Valore estetico
- Benessere psicologico
- Ricaduta sociale ed economica positiva

Limiti

- Richiedono una struttura robusta
- Richiedono conoscenze adeguate
- Potrebbero avere bisogno di essere annaffiati in estate
- Richiedono un minimo di manutenzione
- Sono più costosi

Tetto ad alta riflettanza

Austin Hall Sam Houston State University Huntsville, Tx, USA (1851)

Tetto in acciaio inossidabile ad alta riflettività, a basso effetto
abbagliante*, ^{11, 13}

I tetti ad alta riflettività (Albedo) mitigano le isole di calore nelle città.

L'indice di riflettività solare è ora incluso nella certificazione LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

SRI delle finiture degli immobili > 100



Product	Temperature Rise, at C (F)	Solar Reflective Index
Stainless Steel, bare	27 (48 F)	39-60
Galvanized steel, bare	30 (55 F)	46
Aluminum, bare	27 (48 F)	56
Any metal, white coating	9 (16 F)	107
Clay tile, red	32 (5 8F)	36
Concrete tile, red	39 (71 F)	17
Concrete tile, white	12 (21 F)	90
Asphalt, generic white	36 (64 F)	26
Asphalt, generic black	46 (82 F)	1
Wood shingle, brown	37 (67 F)	22
Wood shingle, white	6 (10 F)	106

* La superficie deve fornire un riflesso di luce diffusa (ossia evitare il riflesso a specchio). Le superfici con elevato grado di lucidatura non sono idonee.



Frangisole¹⁵

University of Arizona Medical Research Building & Thomas Keating Bioresearch Building

Ombreggiatura a tettoia

Griglia con 43% di superficie aperta: massimizza la schermatura solare permettendo il passaggio dell'aria tra i pannelli.

Riferimenti tetti

1. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Roofing_EN.pdf
2. http://ssina.com/download_a_file/roofing.pdf
3. <https://youtu.be/ZQledV2QFRY>
4. <http://www.bssa.org.uk/cms/File/The%20Growing%20Market%20for%20Stainless%20Steel%20Roofing.pdf>
5. O. Wallinder and C. Leygraf ASTM Special Technical Publication N°1421, « Outdoor Atmospheric Corrosion » pp 185-199
6. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Structural/Parliament_Library_Building_Domes.pdf
7. http://www.architectureweek.com/2003/1022/design_1-3.html
8. <http://www.fosterandpartners.com/projects/uae-pavilion-shanghai-expo-2010/>
9. <http://www.hok.com/design/service/engineering/hamad-international-airport/>
10. <https://www.rigidized.com/exteriorscmt.php>
11. a) <http://www.stainlessindia.org/UploadPdf/Dec%202011%20wshop%20Part-I.pdf>
b) <http://www.wbdg.org/resources/cool-metal-roofing>
12. http://www.constructalia.com/repository/transfer/en/01921518ENLACE_PDF.pdf
13. <http://www.rigidized.com/saveenergy.php>
14. <http://www.stainlessindia.org/UploadPdf/Dec%202011%20wshop%20Part-I.pdf>
15. www.cambridgearchitectural.com/

4. Decorazione d'interni

In senso orario, dall'alto a sinistra:

1. Scala in legno e acciaio inossidabile (ubicazione non specificata)
2. Soffitto con rete metallica incurvata (Louisiana State University)
3. Ristorante in Finlandia con divisori trasparenti
4. Maniglia della porta





Banque de France, Parigi, Francia⁴

Architetti: Moati -Rivière

Finitura a specchio EN 1.4301 (AISI 304)



Stazione metropolitana L5 El Carmel, Barcellona, Spagna⁵

Pannelli per pareti con rete intrecciata in acciaio inossidabile



Monastero di Batalha, Portogallo⁶

Tenda con griglia di acciaio inossidabile

Superficie aperta 36%

Peso 0,25 kg/m²

Diametro barre 0,05 mm.

Passo filo 0,13 x 0,13 mm.



Tenda/ringhiera di sicurezza domestica⁷

Acciaio inossidabile

Superficie aperta 44%

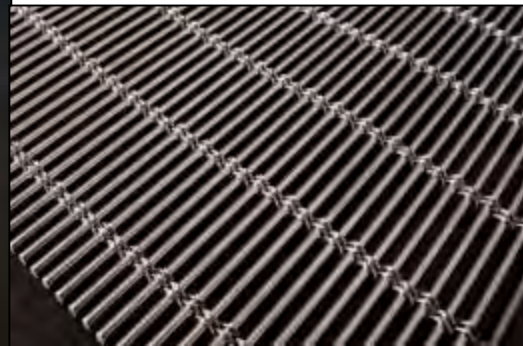
Peso 5,2 kg/m²

Diametro cavo 4 x 0,75 mm.

Diametro barra 1,5 mm.

Passo cavi 26,4 mm.

Passo filo 3 mm.





Museum of contemporary art planning exhibition, Shenzhen, China⁸ (in costruzione)
Architetto: CoopHimmelblau

Riferimenti decorazione d'interni

1. http://www.seoic.com/cable_railing.htm
2. <http://cambridgearchitectural.com/projects/louisiana-state-university-lsu-student-union-theater>
3. <http://www.twentinox.com/projects/item/36/Transparent+stainless+steel+curtain+panels>
4. <http://www.uginox.com/fr/node/180>
5. Origine: <http://www.cedinox.es>
6. <http://www.archilovers.com/projects/58425/mosteiro-da-batalha.html>
7. http://www.theinoxincolor.com/portfolio_category/decorative-mesh-projects/
8. <http://www.coop-himmelblau.at/architecture/projects/museum-of-contemporary-art-planning-exhibition>

5. Tubazioni in acciaio inossidabile



In senso orario, dall'alto a sinistra:

1. Condotture sanitarie
2. Tubi montati a pressione
3. Rubinetto per cucina
4. Soffione della doccia con luce



Sistema di tubature in acciaio inossidabile

Riferimenti per tubazioni in acciaio inossidabile

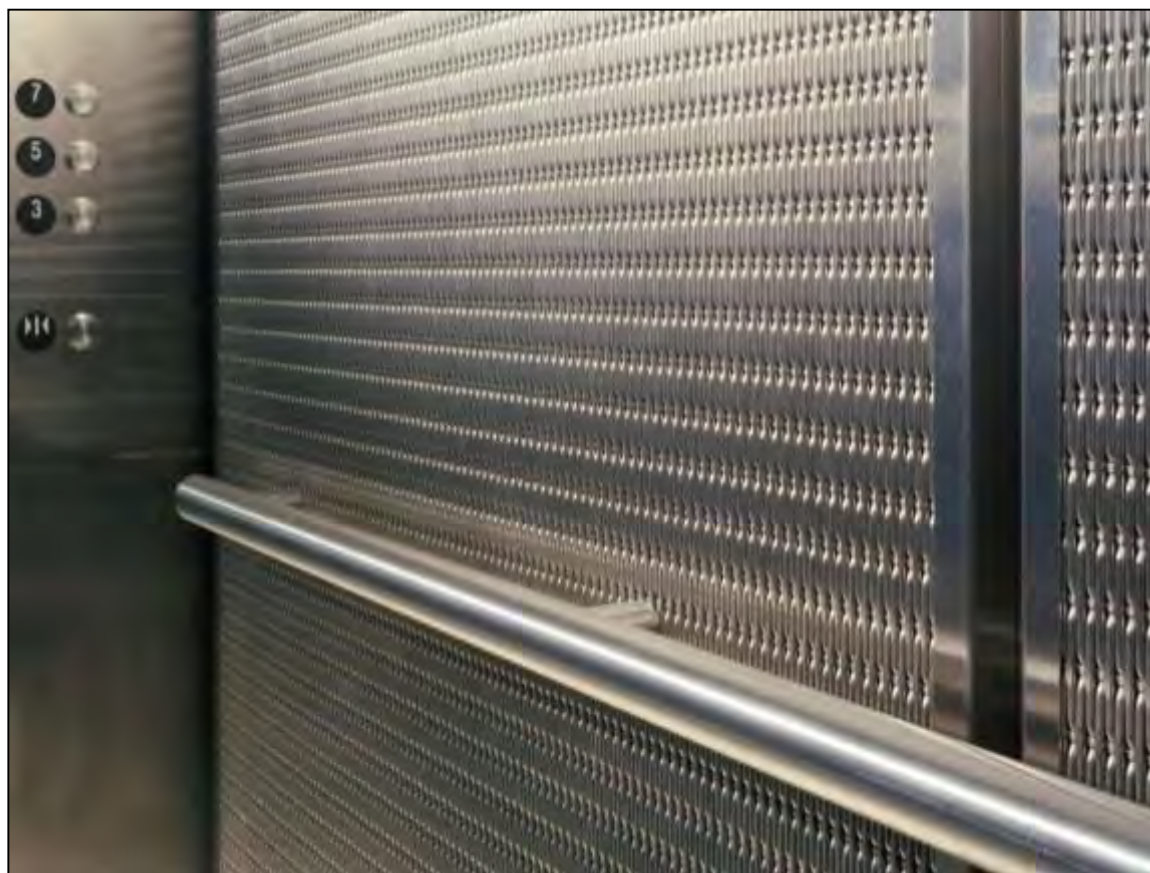
1. [https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro Inox/PressFittingSystems IT.pdf](https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro%20Inox/PressFittingSystems%20IT.pdf)
2. [http://www.nickelinstitute.org/~media/Files/TechnicalLiterature/StainlessSteelPlumbing-color-EN 11019 .ashx](http://www.nickelinstitute.org/~media/Files/TechnicalLiterature/StainlessSteelPlumbing-color-EN%2011019%20.ashx)
3. https://nickelinstitute.org/library/?opt_perpage=20&opt_layout=grid&searchTerm=pipes%20for%20buildings&page=1
4. <http://www.bssa.org.uk/cms/File/BSSA%20PLUMBING%20P.1-4.pdf>
5. [https://www.grohe.de/de de/badezimmer.html](https://www.grohe.de/de_de/badezimmer.html)

6. Scale mobili e ascensori

In senso orario, dall'alto a sinistra:

1. Scala mobile (ubicazione non specificata)
2. Scala mobile (metropolitana di Praga)
3. Marciapiede mobile (metropolitana di Bruxelles)





Ascensore rivestito con rete³



**Ingresso della stazione metropolitana di Kraaiennest,
Amsterdam, Paesi Bassi⁴**

Referimenti:

1. <https://www.forms-surfaces.com/elevator-ceilings>
2. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Metro_bruelles_la_ufband.jpg
3. <http://cambridgearchitectural.com/projects/ft-lauderdale-hollywood-international-airport-rental-car-center>
4. <http://www.cabworks.com/>

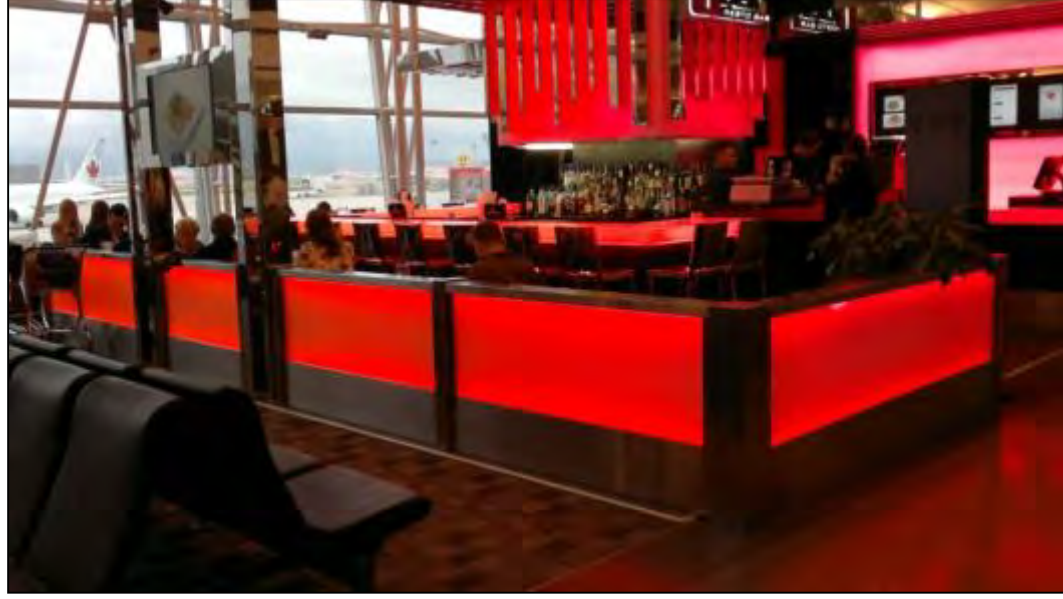
7. Aeroporti

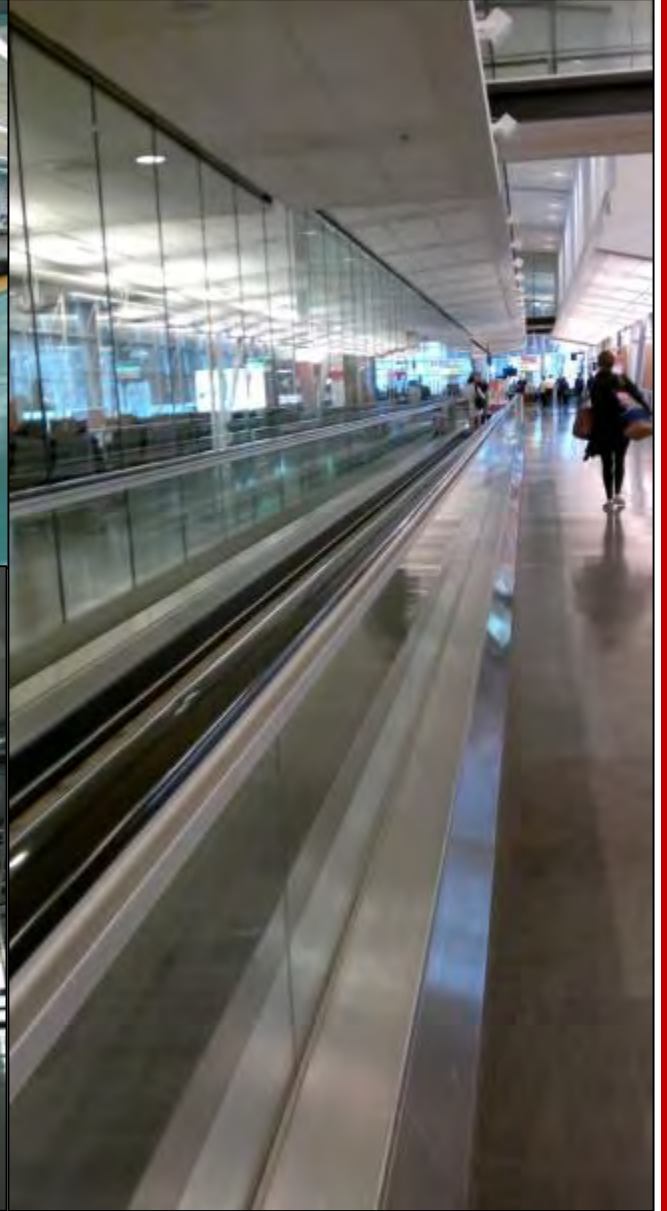
In senso orario, dall'alto a sinistra: stainless impianto in acciaio inossidabile all'aeroporto di Montreal, Canada

1. Bancone imbarco, balaustra e cestino della spazzatura

2. Fontanella

3. Bancone bar e poggiatesta





Riferimenti aeroporti

Gli acciai inossidabili sono utilizzati ovunque, perché possono essere usati 365 giorni all'anno mantenendo un eccellente aspetto estetico:

- tetti,
- arredo urbano,
- piani di lavoro,
- fontanelle,
- tramezzi,
- sistemi di ventilazione
- corrimano
- ascensori, scale mobili, marciapiedi mobili
- nastri bagagli
- carrelli
- dispositivi di fissaggio
- etc...

8. Arredi urbani



In senso orario, dall'alto a sinistra:

1. Palizzata vicino alla scuola di Budang, Corea. Gradi: STS439 / STS304 Finitura: 2B / HL / lucida
2. Balastra a Gijón, Spagna. Grado: 316L Finitura: lucida
3. Balastra, India
4. Sottopasso del South Ferry di Lower Manhattan “See it split, see it change” di Doug e Mike Starn



In senso orario, dall'alto a sinistra:

1. Panchina a Paulinia (SP), Brasile. Grado: 304 STS304 Finitura satinata
2. Panchina a farfalla a San Luis Potosi, Messico
3. Panchina con rete intrecciata, Francia
4. Lampione, Seoul, Corea Gradi: STS439 / STS304 / STS304N1 Finitura: 2B / BA / lucida



In senso orario, dall'alto a sinistra:

1. Fermata dell'autobus, Istanbul, Turchia. Gradi: AISI 304 e AISI 316
Finitura: 2B / BA / spazzolata / scotch-brite
1. Portabici, Albenga, Italia. Grado: EN 1.4301 (AISI 304)
2. Scultura, «Invisible City», Wellington, Nuova Zelanda
3. Scultura di Joana Vasconcelos dal titolo «Marylin» realizzata con pentole in acciaio inossidabile



Riferimenti arredi urbani

1. <https://www.worldstainless.org/applications/architecture-building-and-construction-applications/street-furniture/>
2. [http://norcor.free.fr/piazza superbe inox.jpg](http://norcor.free.fr/piazza_superbe_inox.jpg)
3. <http://listraveltips.com/wellington-street-art-stainless-steel-braille-sculpture/>

9. Restauro



- A sinistra: Padiglione d'ingresso in acciaio inossidabile della cripta della chiesa di St Martin-in-the-Field, Londra
- A destra: Piramide in vetro e acciaio inossidabile, Louvre, Parigi



Arena di Verona, Italia

Il grande monumento romano risale alla prima metà del 1° secolo d.C ed è conosciuto come il teatro dell'opera all'aperto più importante del mondo. I recenti lavori di restauro hanno interessato la costruzione della nuova copertura della fossa centrale, riservata all'orchestra, il locale sotterraneo e i tunnel di scolo sotterranei. La nuova soletta di copertura è compendiata nella propria funzione strutturale da un sistema inferiore di puntoni e tiranti di post-tensione che limita le sollecitazioni e le deformazioni indotte dai carichi agenti. Il sistema di post-tensione a barre d'acciaio inossidabile è garanzia di sicurezza strutturale, qualità e durata nel tempo.



Teatro romano, Frejus, Francia

Restauro del teatro romano all'aperto con tek e acciaio inossidabile EN 1.4571 con spessore 3 mm perforato



Riferimenti restauro

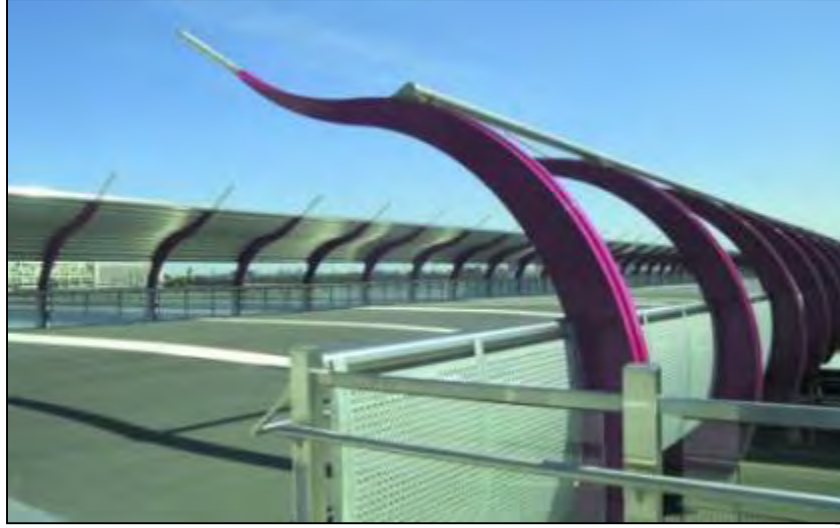
1. [https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro Inox/New meets Old IT.pdf](https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro%20Inox/New%20meets%20Old%20IT.pdf)

10. Stadi

In senso orario, dall'alto a sinistra:

1. *Corrimano scala dell'ingresso VIP, Wembley, Regno Unito; 2. Tornello;*

3. *Armadietti degli spogliatoi;* 4. *Tettoia e corrimano in acciaio inossidabile sul ponte pedonale di Bourke Street dello stadio Melbourne's Colonial, Australia*





Yamuna Stadium, Delhi, India ⁴

Architetti: Peddle Thorb

In occasione dei Giochi del Commonwealth del 2010 a Nuova Dehli è stato costruito uno stadio multifunzionale. Con la sua facciata lucente realizzata con rete di acciaio inossidabile, lo stadio celebra lo sport come simbolo dell'interazione umana, moderna e sostenibile. Il rivestimento in acciaio inossidabile con una superficie aperta pari al 53 per cento protegge gli spettatori dall'intenso clima subtropicale e offre una protezione efficace contro i raggi solari.



Castelão Stadium, Fortaleza, Brasile^{5,6}

Architetto: Vigliecca & Associados

La facciata è stata completamente realizzata con lamiere stirate di acciaio inossidabile. Oltre che per il telaio esterno, l'acciaio inossidabile è stato utilizzato per cancellate, corrimano per le zone VIP, gabinetti e serrature dello stadio. "Ci occorreva un materiale che potesse garantire durata nel tempo, resistenza alla corrosione (soprattutto per la facciata) e anche con un certo impatto estetico, necessario per il settore ospiti", afferma l'architetto Ronald Fiedler, responsabile del progetto.



Allianz Park Palmeiras Stadium, Sao Paulo, Brasile⁷
Architetto: Edo Rocha Arquitetura

Questo è uno degli stadi più belli del mondo. L'acciaio inossidabile è ampiamente utilizzato nella facciata di questo stadio. Le lamiere di acciaio inossidabile sono forate per facilitare la circolazione dell'aria.



Facciata pubblicitaria, Lille stadium, Francia⁸

Architetti: Valode Pistre e Ferret

Facciata pubblicitaria con rete di acciaio inossidabile.

La rete supporta un sistema a LED versatile di alta potenza che permette effetti di luce programmabili singolarmente, che vanno dalla grafica semplice ai contenuti video.

Riferimenti stadi

1. http://www.cmf.co.uk/products/products.asp?id=92&product_id=4
2. <http://www.assda.asn.au/blog/223-stainless-welcome-for-sports-fans>
3. <http://www.controlledaccess.com/>
4. <https://gkd-india.com/metalfabrics/yamuna-sports-stadium>
5. <http://www.vigliecca.com.br/en/projects/castelao-arena#gallery;%20>
6. <http://www.copa2014.gov.br/en/noticia/see-details-castelaos-architecture-project>
7. <http://edorocha.com.br/portfolio/allianz-parque/>
8. <https://www.osram.com/ls/projects/grand-stade-lille/index.jsp>

11. Piscine

In senso orario, dall'alto a sinistra:

1. Piscina olimpionica rivestita in acciaio inossidabile , Vichy, Francia

2. Tetto spa in acciaio inossidabile personalizzato

3. Corrimano in acciaio inossidabile





Scivolo d'acqua in acciaio inossidabile

Creata da un singolo stampo affusolato, la base della curva contiene i gradini che permettono di salire in cima allo scivolo. Lo scivolo poi si allenta e gira su se stesso. Per creare un contrasto, i progettisti hanno usato una finitura lucida a specchio all'interno mentre all'esterno una finitura spazzolata.

I progettisti inglesi hanno spiegato che *"L'acciaio inossidabile lucidato non diventa caldo al tatto, anche in ambienti soleggiati. In realtà, riflette la luce solare e l'energia termica in quanto non si ossida come gli altri metalli"*.

Riferimenti piscine

1. <http://www.imoa.info/molybdenum-uses/molybdenum-grade-stainless-steels/architecture/french-pool-liner-article.php>
2. http://www.constructalia.com/repository/transfer/fr/02163065ENLACE_PDF.pdf
3. <http://www.awt-eisleben.de/en/swimming-pools-136.html>

Grazie

Presentazione di supporto per i
docenti di Architettura e Ingegneria
civile

Capitolo 02

Applicazioni - Infrastruttura

Indice

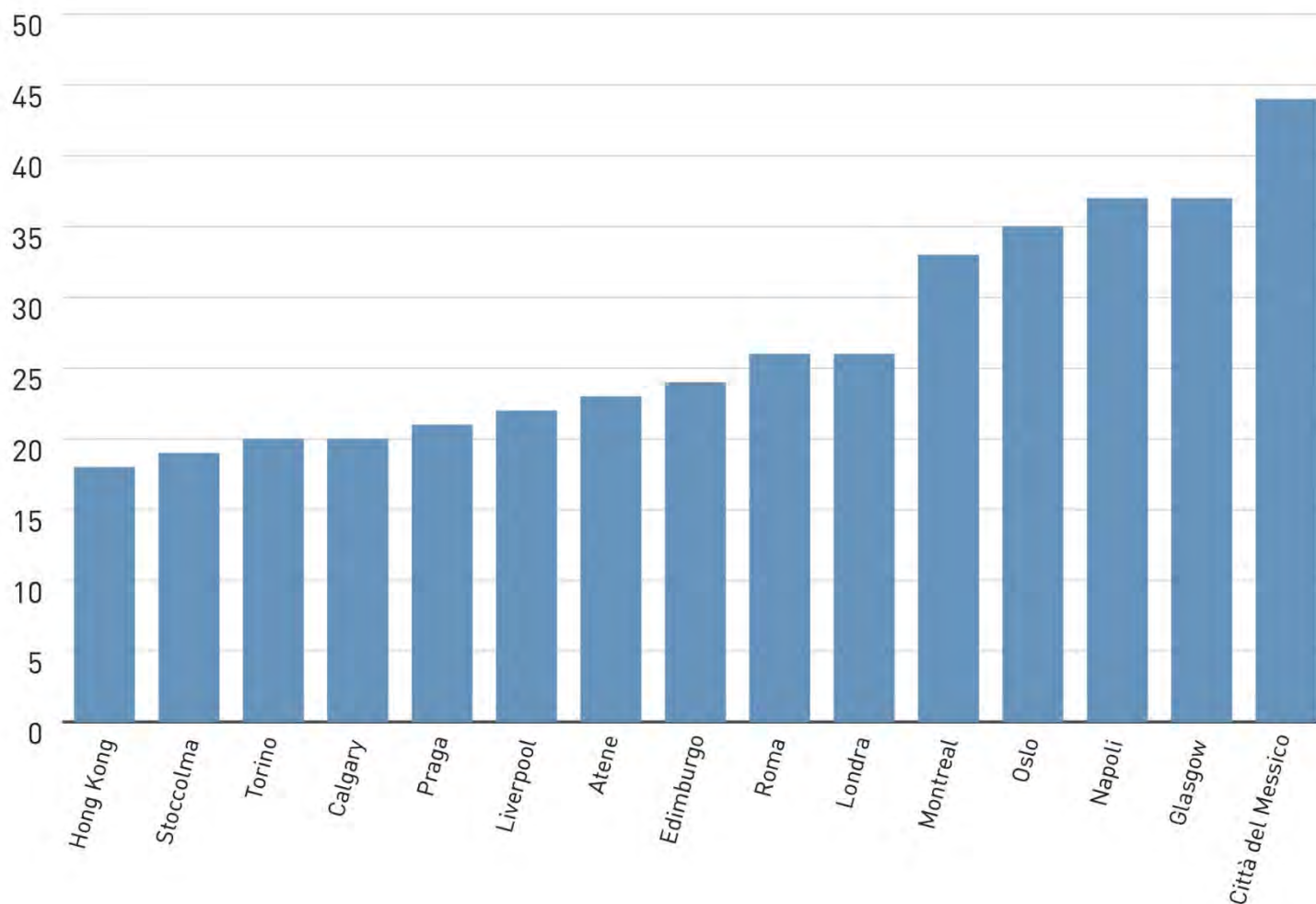
1. [Distribuzione dell'acqua](#)
2. [Ponti](#)
3. [Infrastrutture costiere](#)

1. Distribuzione dell'acqua

Perché gli acciai inossidabili sono usati?

- Bassi tassi di perdita: gli acciai inossidabili non soffrono di corrosione uniforme come gli altri acciai o il ferro, corrosione che può creare rottura e guasti nelle condutture. Con una giusta progettazione, il comparto che adopera acciaio inossidabile può operare in sicurezza in aree a rischio sismico.
- Igienicità: gli acciai inossidabili sono fundamentalmente inerti a contatto con le acque potabili, che conservano la loro qualità e integrità.
- Vita di servizio allungata: i componenti in acciaio inossidabile possono offrire una vita di servizio di anche 100 anni grazie alla loro eccellente resistenza alla corrosione. Gli acciai inossidabili non si corrodono nella maggior parte dei terreni e non necessitano di rivestimenti o di sistemi di protezione elettrochimica.
- Riciclabile: diversamente da quelli non metallici o rivestiti in cemento, i tubi in acciaio inossidabili sono facilmente riciclabili e il loro contenuto di lega è molto valutato.
- L'acciaio inossidabile è usato per le nuove cisterne ad alta capienza o per il retrofitting di quelle già precedentemente installate.

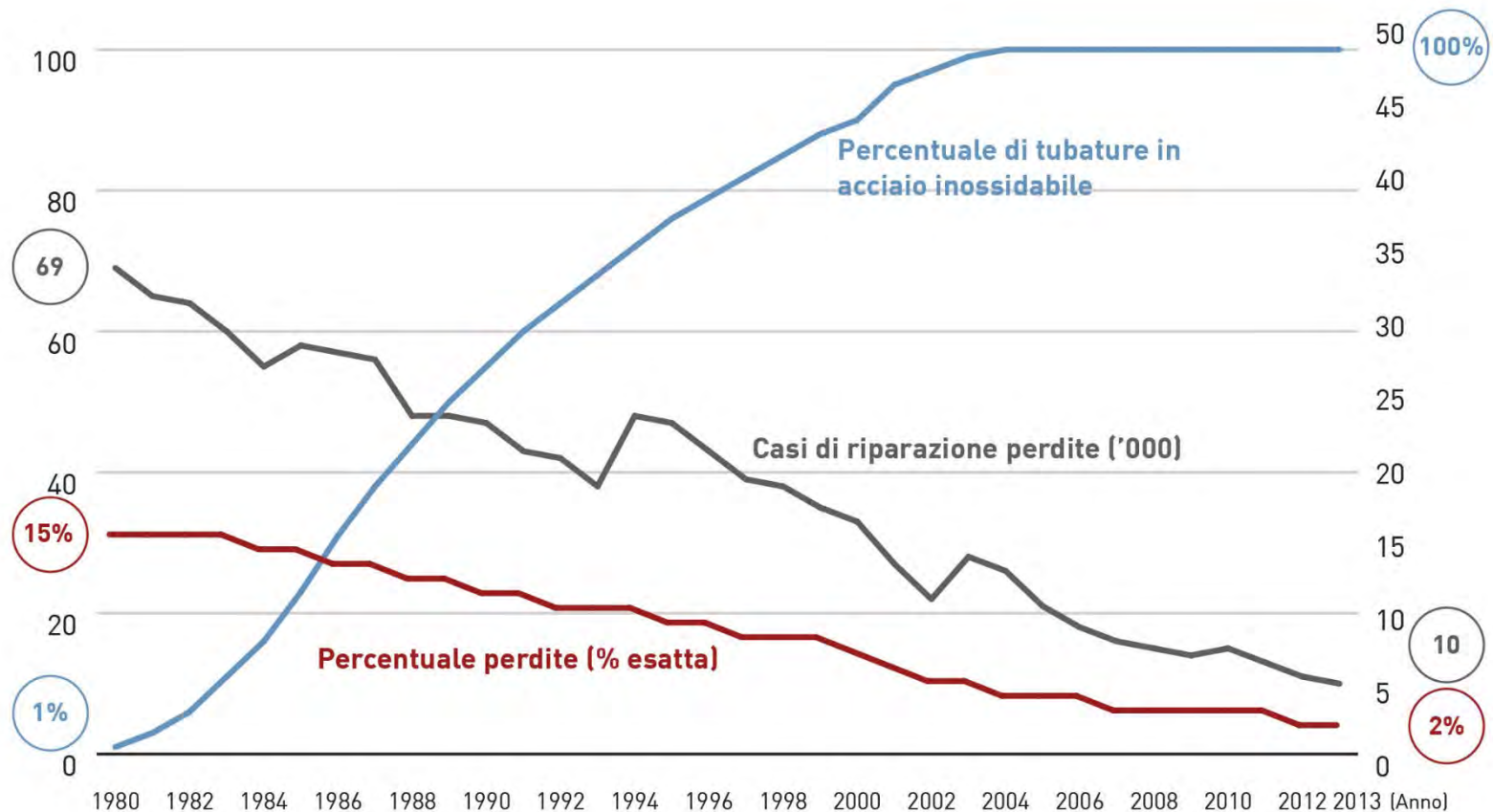
Perdite idriche in alcune grandi città (2014) ⁸



Percentuale di perdite nelle principali città
Fonte: OECD (Water Governance in Cities, 2014)

Riduzione delle perdite vs utilizzo di tubature in acciaio inossidabile a Tokyo ⁸

Riduzione delle perdite

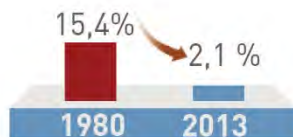


Riduzione delle perdite idriche con la sostituzione delle vecchie tubature con delle nuove in acciaio inossidabile⁸

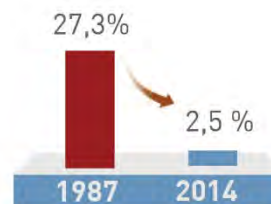
Risultati dei progetti di Tokyo, Seul e Taipei



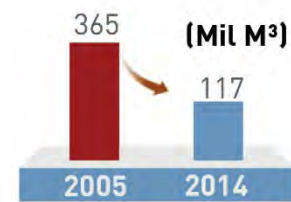
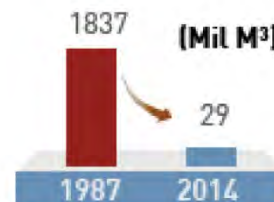
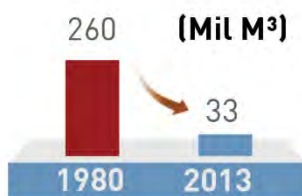
Tokyo



Seul



Taipei







Cisterna d'acqua prima delle riparazioni, città di Gangneung, Corea del Sud ⁹

La corrosione e il deterioramento del calcestruzzo sono visibili nell'immagine e causano la perdita idrica.

Il rivestimento epossidico è stato rifiutato in quanto non duraturo. Il retrofitting con un rivestimento in acciaio inossidabile è stato scelto per la sua resistenza alla corrosione, durata, perché non necessita di manutenzione e perché non vi è proliferazione batterica.



PRIMA

La stessa cisterna dopo il nuovo rivestimento in acciaio inossidabile

Sono stati utilizzati pannelli in acciaio inossidabile duplex, grado STS329LD e STS329J3L.

I pannelli sono stati saldati insieme e fissati al calcestruzzo.



DOPO

Riferimenti per distribuzione dell'acqua

1. <http://www.nickelinstitute.org/en/NickelUseInSociety/MaterialsSelectionAndUse/Water/Distribution.aspx>
2. [http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/Stainless Steel Pipe.pdf](http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/Stainless%20Steel%20Pipe.pdf)
3. <http://www.worldstainless.org/news/show/246>
4. [http://www.worldstainless.org/Files/ISSF/non-image-files/PDF/ISSF Stainless Steel in Drinking Water Supply.pdf](http://www.worldstainless.org/Files/ISSF/non-image-files/PDF/ISSF%20Stainless%20Steel%20in%20Drinking%20Water%20Supply.pdf)
5. http://worldstainless.org/applications_protection_environment_and_human_health/water
6. [http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro Inox/CorrResist SoilsConcrete EN.pdf](http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro%20Inox/CorrResist%20SoilsConcrete%20EN.pdf)
7. https://www.nickelinstitute.org/~//Media/Files/TechnicalLiterature/FieldCorrosionResistanceTestOnStStPipingForBuildingService_12012_.pdf
8. http://worldstainless.org/applications_protection_environment_and_human_health/water - <http://worldstainless.org/news/show/2140>
9. Source: POSCO, Korea (<http://www.posco.com>)

NEW!

2. Ponti

Molti ponti sono in cattive condizioni

NEW!

- Molti di questi ponti sono stati costruiti dopo la seconda guerra mondiale
- Per una durata prevista di più di 60 anni
- Il traffico è stato più intenso di quanto era stato previsto
- La riduzione dei costi di manutenzione è stata una pratica frequente

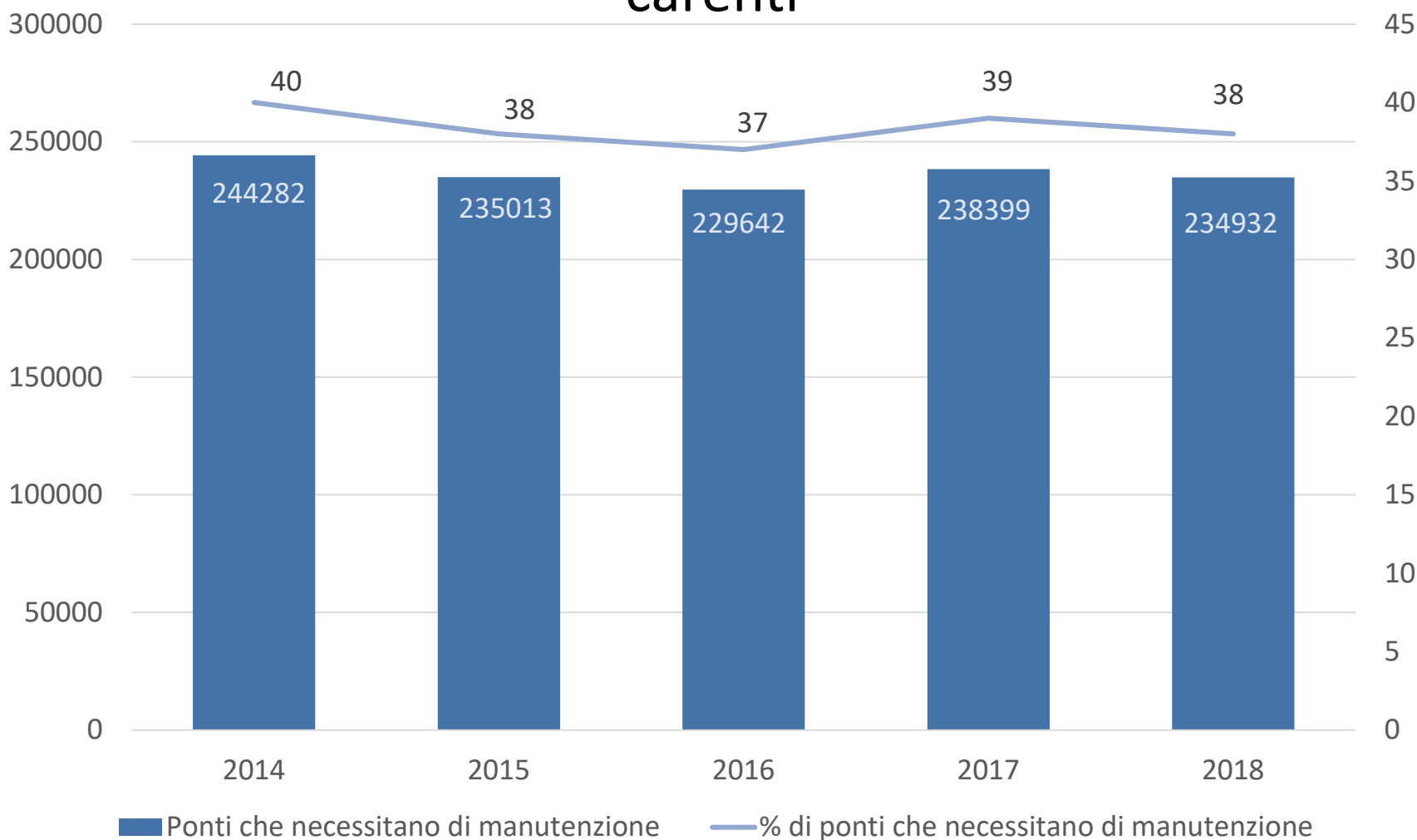
La situazione nell'Unione Europea

NEW!

- Non è stato pubblicato alcun resoconto esauriente
- Varia da paese a paese
- Germania: il 12,5% dei ponti autostradali è in buone condizioni, mentre il 12,4% è in cattive condizioni
- Francia: un recente report ha riportato che un ponte su tre è in cattive condizioni
- etc...

La situazione negli Stati Uniti

Numero di ponti americani che necessitano di essere sostituiti o risanati, compresi i ponti strutturalmente carenti



NEW!

L'acciaio inossidabile nei ponti

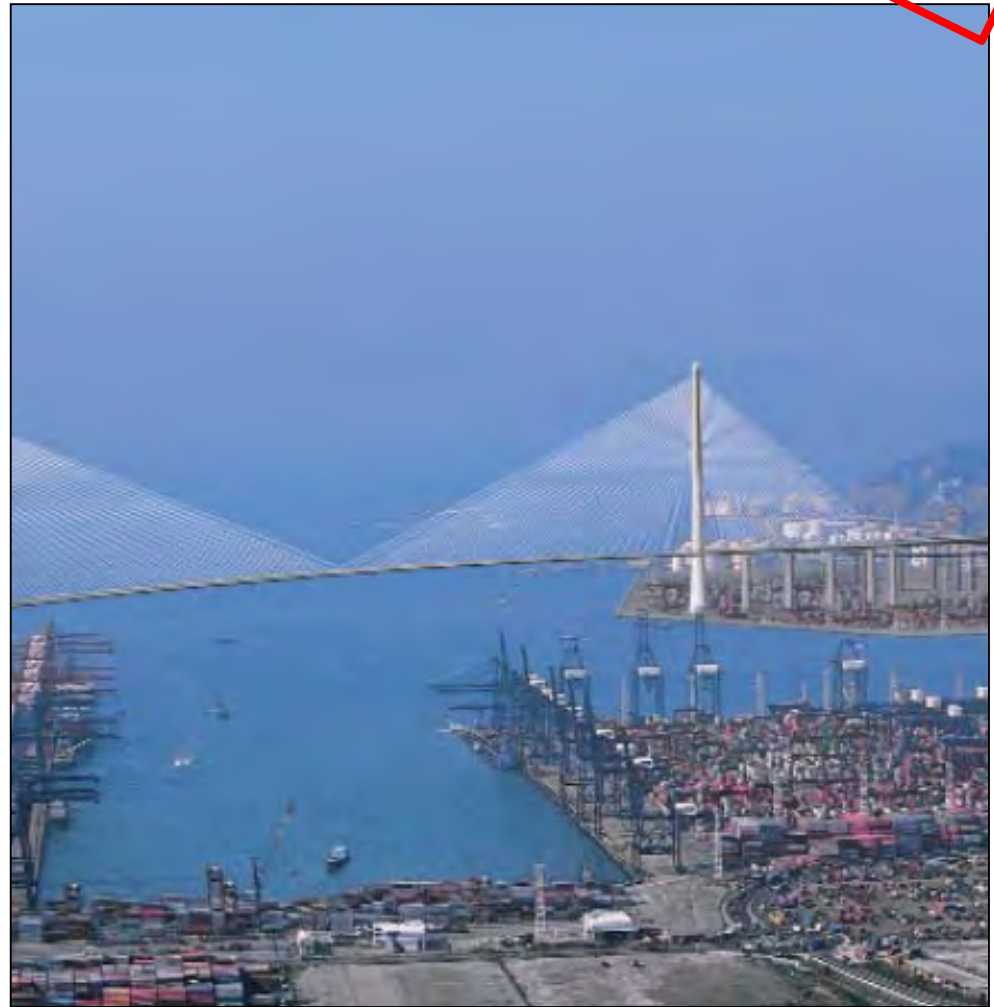
Alcuni esempi

NEW!

Stonecutter's, Hong Kong

Questo ponte iconico e molto trafficato è posizionato in un'area urbana, ed è stato progettato per resistere alle condizioni atmosferiche tropicali, all'inquinamento urbano, alla nebbia marina, al vento, ai tifoni, ai carichi accidentali dovuti agli impatti navali e alle azioni sismiche.

All'epoca (2009) era il primo ponte strallato con una campata di oltre 1 km e ha una durata di esercizio prevista di 120 anni. L'acciaio inossidabile duplex UNS S32205 (EN 1.4462) è stato usato come rivestimento per il calcestruzzo nella parte superiori delle torri, per l'ancoraggio dei cavi e per le barre ad aderenza migliorata utilizzate nelle fondazioni e nelle parti inferiori delle torri.



NEW!

Champlain, Montreal

Il nuovo ponte (2019), che sostituisce quello precedente che si stava deteriorando a causa della corrosione, resisterà a severi cicli di gelo-disgelo, con temperature che andranno dai -25 °C ai 30 °C. È lungo 3,4 km, si estende sul fiume St. Lawrence e sulla via marittima e trasporterà oltre 50 milioni di veicoli all'anno. Dispone di un'autostrada a quattro corsie, una linea ferroviaria per i pendolari, piste ciclabili e punti di osservazione per le visite turistiche. Sono state utilizzate oltre 15.000 tonnellate di acciaio inossidabile S32305 (EN 1.4362) per le parti critiche della struttura.

Il vecchio ponte è stato inaugurato nel 1962. Nonostante l'ampia manutenzione, deve essere sostituito. Il nuovo ponte costa circa 4.200 milioni di dollari canadesi (CAD). Inoltre, lo smantellamento di quello Vecchio costerà 400 milioni di dollari canadesi.





NEW!

Hong Kong, Zhuhai, Macau

Il ponte fa parte di un collegamento di 50 km costituito da tre ponti strallati, un tunnel sottomarino lungo 6.7 km e tre isole artificiali. Il ponte è stato costruito in 9 anni, con un costo stimato di 20 miliardi di dollari per una durata di esercizio di 100 anni. È stato completato nel 2018, ed oltre 10.000 tonnellate di acciaio inossidabile duplex sono state utilizzate nelle zone più critiche.

NEW!



Fort Worth, Texas

Questo è il primo ponte ad arco al mondo realizzato con elementi prefabbricati, 12 in totale, ed è stato completato nel 2013. La caratteristica innovativa che lo contraddistingue è la presenza di barre di sospensione angolari portanti che collegano la parte superiore e inferiore del ponte ad arco. Forniscono stabilità e prestazioni strutturali.

Le barre sono in acciaio inossidabile duplex S32205 (EN 1.4462). Il progetto complessivo è strutturalmente molto efficiente, molto elegante e garantisce una lunga durata nel tempo.





NEW!

Cala Galdana, Menorca

Questo ponte in acciaio inossidabile, commissionato nel 2005, sostituisce una struttura in calcestruzzo armato con barre in acciaio al carbonio. L'acciaio inox duplex S32205 (EN 1.4462) è stato scelto in sostituzione dell'acciaio al carbonio in quanto migliore dal punto di vista delle proprietà meccaniche e della resistenza alla corrosione. Il carico di snervamento minimo richiesto era 460 MPa, per un valore misurato di 535 MPa, mentre il valore specificato per l'acciaio al carbonio era di soli 355 Mpa.



NEW!

Helix, Singapore

La sua struttura unica a doppia elica, lunga 280 m, che sostiene una passerella è realizzata con tubi e piatti in acciaio inossidabile duplex S32205 (EN 1.4462). Questo acciaio è stato selezionato per le sue caratteristiche meccaniche e per resistere dal punto di vista della corrosione in un ambiente marittimo tropicale. Il costo del ciclo di vita di questo ponte sarà più basso se comparato a quello di un ponte in acciaio al carbonio. La finitura superficiale dell'acciaio inossidabile esalta durante la notte la luce bianca che viene emessa.

NEW!

Lione, France

Situato in un'area che ha subito un'importante riqualificazione e vicino al nuovo Musée des Confluences, questo ponte pedonale in acciaio inossidabile duplex si apre per permettere il passaggio delle navi che entrano nel molo. È elegante, esteticamente valido e non richiede manutenzione.



NEW!

Trumpf, Germany

Questa passerella sulla trafficata Gerlinger Strasse collega due edifici della sede centrale di TRUMPF, a Ditzingen, in Germania. Realizzata in acciaio inossidabile duplex S32205 (EN 1.4462), materiale sottile, resistente dal punto di vista meccanico e della corrosione, tagliato con la tecnologia laser di TRUMPF, ha una forma molto originale che tutti ricordano. Ciò dimostra che l'acciaio inox duplex non viene utilizzato solo per le strutture iconiche.





NEW!

Porto di San Diego, California

Questa struttura sospesa auto-ancorata, lunga 168 metri, è di una bellezza impressionante. L'impalcato curvo è sostenuto da cavi di strallo fissati ad un unico pilone inclinato, che si traduce in un design molto semplice e attraente. Gli acciai inossidabili S31803, duplex, ed 317L, austenitico, sono stati selezionati per le parti strutturali, i parapetti, i cavi e i connettori sono stati scelti acciaio inossidabile duplex di grado S31803 e austenitico 317L. La durata prevista supera i 100 anni in questo ambiente marino.



NEW!

Progreso Pier, Mexico

Sulla sinistra, ciò che rimane di un molo costruito nel 1970. L'ambiente marino ha corroso le armature in acciaio al carbonio, e la struttura ha ceduto.

Sulla destra, il molo adiacente costruito tra il 1937 ed il 1941 usando barre ad aderenza migliorata in acciaio inossidabile AISI 304. Non ha avuto bisogno di alcuna manutenzione ed è rimasto in perfette condizioni.

Riferimento sulle condizioni di ponti esistenti

NEW!

1. <https://www.theguardian.com/world/2018/aug/16/bridges-across-europe-are-in-a-dangerous-state-warn-experts>
2. <https://ec.europa.eu/jrc/en/news/keeping-european-bridges-safe>
3. <https://www.thelocal.de/20180815/bridge-collapse-cannot-be-ruled-out-in-germany-says-expert>
4. https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Ingenieurbau/Statistik/statistik-node.html
5. https://www.lemonde.fr/securite-routiere/article/2018/08/15/un-pont-sur-trois-a-besoin-de-reparations-sur-les-routes-nationales-francaises-selon-un-rapport_5342799_1655513.html
6. <https://edition.cnn.com/2019/04/02/us/deficient-bridge-report-2019-trnd/index.html>
7. <https://artbabridgereport.org/>
8. <https://www.infrastructurereportcard.org/cat-item/bridges/>

Riferimenti sui ponti in acciaio inossidabile

NEW!

1. IMOA web publication “Stainless steel in Vehicular, rail and pedestrian bridges” (March 2018) <https://www.imoa.info/stainless-solutions/archive/37/Vehicular-rail-and-pedestrian-bridges.php>
2. C Houska “More on duplex stainless steel and bridges “, The construction specifier, (May015) <https://www.constructionspecifier.com/duplex-bridges/>
3. EU Publication report “Application of duplex stainless steel for welded bridge construction in an aggressive environment”, (march 2009), ISBN 978-92-79-09948-9 <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/ec2748d4-3269-43cd-9a34-3a0e1fba4e23/language-en/format-PDF/source-79161265>
4. Euro Inox publication « Pedestrian bridges in stainless steel » ISBN 2 87997 084 9 <https://www.bssa.org.uk/cms/File/Euro%20Inox%20Publications/Pedestrian%20Bridges.pdf>
5. N. Baddoo and A. Kosmač “Sustainable Duplex Sainless Steel bridges” Euro Inox publication [www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Sustainable Duplex Stainless Steel Bridges.pdf](http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Sustainable_Duplex_Stainless_Steel_Bridges.pdf)
6. “San Diego’s new harbor bridge sails onto the skyline” MolyReview, (June2012) <https://www.imoa.info/molybdenum-uses/molybdenum-grade-stainless-steels/architecture/pedestrian-bridges.php>

Riferimenti sui ponti in acciaio inossidabile

NEW!

7. K F. Hansen, L. Lauge and S. Kite: “Stonecuttes bridge –Detailed design” (January 2004)
DOI: 10.2749/222137804796291719
https://www.researchgate.net/publication/233611421_Stonecutters_Bridge_-_Detailed_Design/link/59ce24d3aca272b0ec1a4b34/download
8. Steel Construction Institute publication : “Stonecutters bridge Towers”(2010)
www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Stonecutters_Bridge_Case_Study-2.pdf
9. G. Gedge: “Use of duplex stainless steel plate for durable bridge construction” (January 2007) DOI: 10.2749/222137807796119771
https://www.researchgate.net/publication/233632633_Use_of_Duplex_Stainless_Steel_Plate_for_Durable_Bridge_Construction
10. Champlain bridge, Montreal Nickel Institute magazine, Vol. 34, N°2, (2019)
<https://www.nickelinstitute.org/nickel-magazine/nickel-magazine-vol34-no2-2019/?lang=English&p=6>
11. Champlain bridge, Montreal Stainless Steel World online, 05 January 2016
<http://www.stainless-steel-world.net/news/58262/nas-to-supply-stainless-steel-bar.html>
12. Hong-Kong Macau bridge ISSF Publication: “Stainless steel in Infrastructure”
http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_Steel_in_Infrastructure_English.pdf

Riferimenti sui ponti in acciaio inossidabile

NEW!

13. Hong-Kong Macau bridge
https://en.wikipedia.org/wiki/Hong_Kong%E2%80%93Zhuhai%E2%80%93Macau_Bridge
14. IMOA publication “[Innovative bridge at Ft Worth, Texas](#)” Moly-Review 1/2018
<https://www.imoa.info/molybdenum-media-centre/downloads/>
15. Steel Construction Institute publication: “Cala Galdana Bridge” (2010)
http://www.worldstainless.org/architecture_building_and_construction_applications/structural_applications
16. Railways Bridges in India <https://www.apnnews.com/pamban-to-become-indias-first-railway-bridge-to-use-stainless-steel-structurals/>
17. Steel Construction Institute publication: “Helix Pedestrian Bridge” (2011)
http://worldstainless.org/architecture_building_and_construction_applications/structural_applications
18. ISSF Publication: Bascule pedestrian bridge in “Stainless steel as an architectural material”
http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_Steel_as_an_Architectural_Material.pdf
19. Trumpf bridge <https://www.outokumpu.com/en/choose-stainless/2018/case-pedestrian-bridge-at-trumpf-headquarters>
20. IMOA Publication “San Diego’s new harbor bridge sails onto the skyline” MolyReview, (June2012)
<https://www.imoa.info/molybdenum-uses/molybdenum-grade-stainless-steels/architecture/pedestrian-bridges.php>

NEW!

3. Infrastrutture costiere

Il 37% della popolazione mondiale vive nel raggio di 100 km dalla costa

Cambiamento climatico e coste

NEW!

Alcune conseguenze:

- Il livello degli oceani si innalza con un tasso di circa 3 mm/anno... e non tornerà indietro! Alcuni territori sono già o saranno inondati
- Gli eventi metereologici estremi sono più frequenti (come uragani di categoria 5, super tifoni, ...) aggiungendosi ai danni costieri
- Sono in corso importanti cambiamenti negli ecosistemi costieri, per lo più distruttivi
- La popolazione umana e le sue attività sono minacciate, con enormi costi umani ed economici.

Inondazioni (sud della Francia)

NEW!



Danni costieri (località ignota)

NEW!



Opzioni per l'adattamento costiero

NEW!

- Ritiro controllato (per esempio strutture mobili, sistemi di difesa dalle inondazioni che si verificano nell'entroterra, sistemi di allarme)
- Adattamenti (ad es. trasferimento del bacino idrico, gestione delle dune, gestione delle piogge e delle acque reflue)
- Protezione (comprende un'ampia gamma di tecnologie a disposizione degli ingegneri costieri per rendere stabile una linea di costa, includendo le tecnologie soffici come il ripascimento e le strutture rigide come dighe, terrapieni ed argini)

NEW!

Alcune strutture di protezione
che usano acciaio inossidabile

NEW!

Diga, Cromer, Regno Unito

Cromer è una bellissima località balneare del Norfolk settentrionale, risalente all'epoca vittoriana. La protezione contro il mare è garantita da una diga in calcestruzzo e da argini in legno. In seguito ad una forte tempesta avvenuta nel 2013, è stato necessario effettuare riparazioni estese e costose, non solo per mantenere l'attuale livello di difesa, ma anche per anticipare i 100 anni di innalzamento del livello del mare previsto. In questo progetto, sono state utilizzate oltre 300 tonnellate di tondini ad aderenza migliorata in acciaio inossidabile duplex S32304 (EN 1.4362).



Frangiflutti, Bayonne, Francia

NEW!

Il frangiflutti, costruito negli anni '60, protegge l'entrata del porto di Bayonne dalle tempeste. È caratterizzato da un muro e da una piattaforma abbastanza larga e resistente da sostenere una gru per carichi pesanti. Questa struttura sostituisce i blocchi di cemento da 40 tonnellate che dissipano l'energia delle onde in arrivo sul lato mare mentre si infrangono. Non appena la piattaforma ha incominciato a mostrare delle crepe, essa è stata riparata usando barre ad aderenza migliorata in acciaio inossidabile duplex S32205 (EN 1.4462), caratterizzate da un carico di snervamento minimo di 750 Mpa, che hanno permesso una riduzione di peso della struttura. Sono state necessarie alla fine solo 130 tonnellate di tondi per cemento armato.



Misure di sicurezza in Giappone

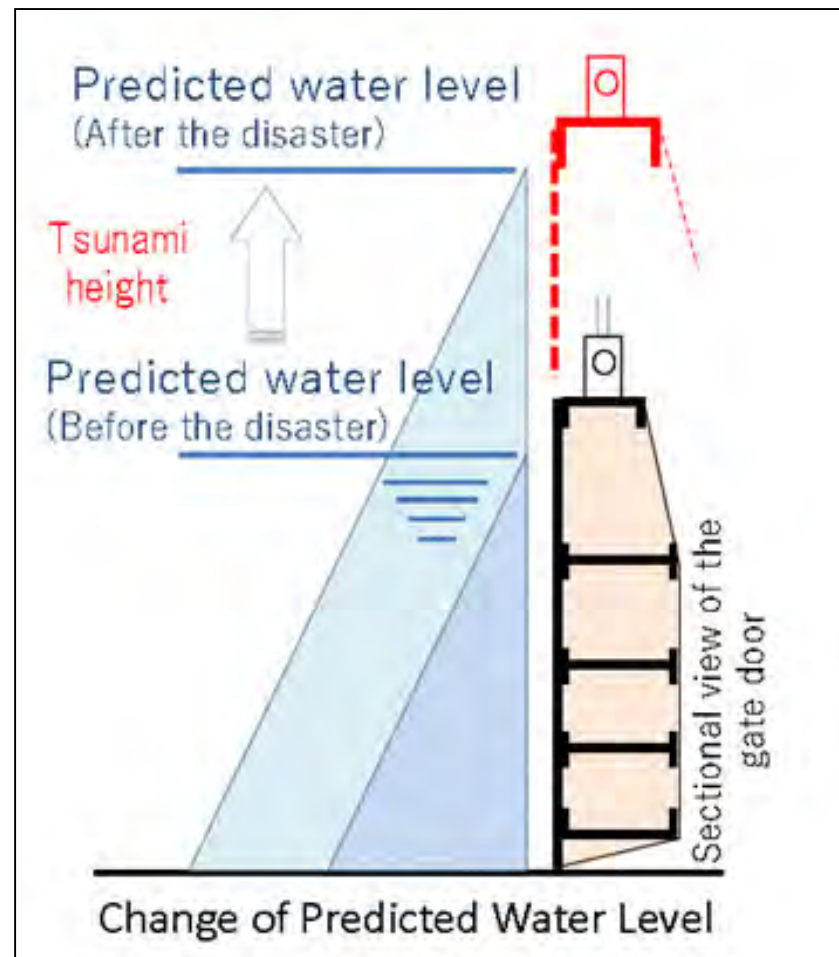
NEW!

Contributo alla ricostruzione dei disastri e della resilienza nazionale

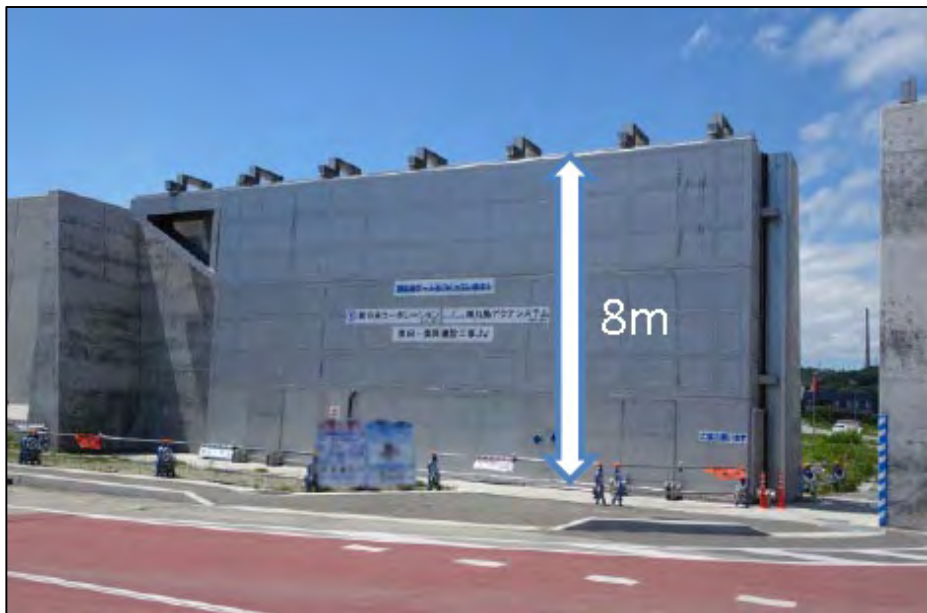
Il terremoto che si è verificato nell'est del Giappone nel marzo del 2011 ha portato a circa 16000 morti, il 90% delle quali è stato causato dallo tsunami, che fu eccezionalmente grande. Dopo il terremoto, il governo giapponese ha modificato le richieste riguardanti l'altezza delle paratie anti-tsunami, portandola da 5 a 8 metri. Questo ha portato ad un maggiore pressione dovuta all'acqua ed è stato necessario rinforzare le paratie.

Soluzione: NIPPON STEEL STEEL Stainless Steel Corporation ha proposto un acciaio inossidabile lean duplex (ASDSS), la cui elevata resistenza meccanica ha permesso di ridurre il peso e di semplificare la progettazione.

Fonte: NIPPON STEEL Stainless Steel Corporation



Esempi di paratie in Giappone

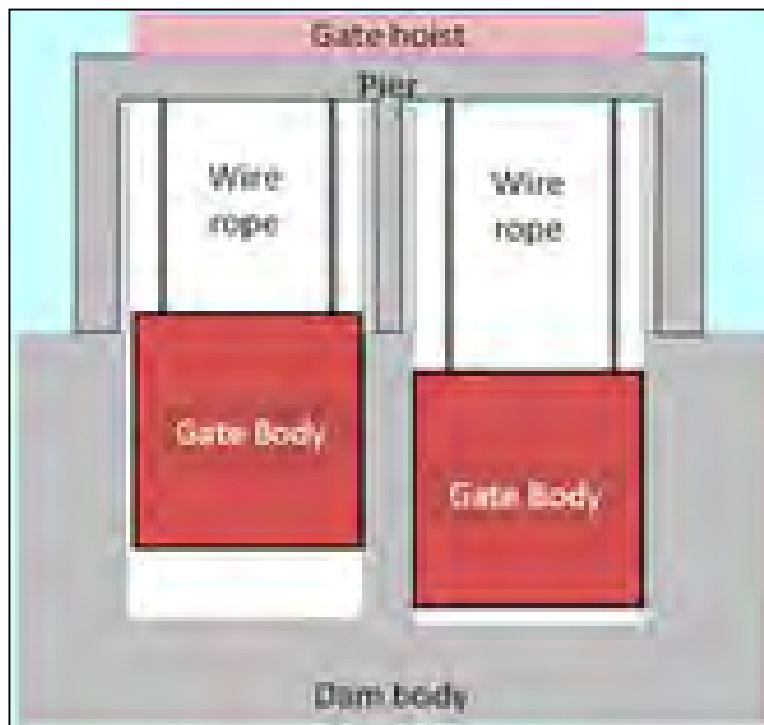


8,2 metri di altezza per 15
metri di larghezza



6,2 metri di altezza per 15
metri di larghezza

Riduzione di peso delle paratie ottenuta grazie all'acciaio inossidabile lean duplex



confronto tra le progettazioni (paratia di scarico della diga 7m x 7.8m = 54.6m²)

Gradi	Acciaio al carbonio (SM490)	Acciaio inox tradizionale (SUS 304)	ASDSS (NSSC2120)
Peso totale	16.1 (t/paratia)	14.7 (t/paratia)	12.1 (t/paratia)



riduzione del peso del 25%

Fonte: Electric power civil engineering (2016.9)

NEW!

Alcuni dei principali progetti in Giappone

○ Gli ASDSS sono utilizzati in più di 50 dighe e paratie in Giappone, in particolare nel programma di ricostruzione post-terremoto.

Legend:
■ : DAM
○ : Water Gate

Project Details:
- Kanogawa Dam (SUS821L1)
- Kotonoura Gate (SUS316LN)
- Hikata Gate (SUS323L)
- neo Rise (SUS821L1)
- Futase Dam (SUS821L1)
- Tsukihama Gate (SUS323L)
- Kosode Gate (SUS821L1)
- Koishihama Gate (SUS821L1)

NEW!

La paratia di Kamihirai, Giappone



Vista della paratia durante la sua realizzazione

Mont Saint Michel, Francia

NEW!



Mont Saint Michel, Francia

NEW!

- Mont Saint Michel è una delle località turistiche più visitate della Francia. La piccola isola con il suo chiostro e con un angelo in cima si trova in una baia. Con il passare del tempo, l'insabbiamento della baia stava cambiando il paesaggio.
- Furono costruiti delle paratoie al fine di trattenere l'acqua proveniente dal fiume che sfocia nella baia e di rilasciarla durante le basse maree, e nel frattempo portando i sedimenti verso il mare due volte al giorno. Per le otto serie di paratoie sono state utilizzate 36 tonnellate di acciaio inossidabile duplex S32205 (EN 1.4462), scelto per la sua resistenza alla corrosione e all'abrasione.
- Ora Mont Saint Michel viene restituito al mare

L'espansione di Monaco sul mare

Il principato di Monaco, sulla costa mediterranea, sta espandendo il suo piccolo territorio (2 km²) sul mare per ottenere una nuova superficie di 600.000 m² utile allo sviluppo urbano, con un costo stimato di circa 2 miliardi di euro.

Le sfide tecniche sono enormi: creare una diga temporanea per costruire l'involucro edilizio; erigere il muro di calcestruzzo capace di durare almeno 100 anni; riempire il nuovo spazio strappato al mare e prepararlo per edifici residenziali a più piani, minimizzare l'impatto sulla vita marina, ecc.

Oltre 4000 tonnellate di rebar in acciaio inossidabile duplex S32304 (EN 1.4362) saranno utilizzati per rinforzare i muri in calcestruzzo e per proteggerli dalla corrosione causata dall'acqua di mare.



Riferimenti

NEW!

1. <https://www.ipcc.ch/>
2. www.unfccc.int/resource/docs/tp/tp0199.pdf
3. <https://www.novethic.fr/actualite/environnement/biodiversite/isr-rse/le-changement-climatique-grignote-nos-cotes-et-menace-plus-d-un-million-de-francais-147571.html>
4. <https://www.cerema.fr/fr/actualites/adapter-documents-conception-entretien-exploitation>
5. <https://www.cerema.fr/fr/evenements/territoires-littoraux-transition-face-au-changement>
6. <https://www.unenvironment.org/explore-topics/oceans-seas/what-we-do/working-regional-seas/coastal-zone-management>
7. Sea Wall at Cromer <http://www.stainlesssteelrebar.org/applications/coastal-protection-at-cromer-uk/>
8. Bayonne breakwater <http://stainlesssteelrebar.org/applications/bayonne-breakwater/>
9. <https://www.constructioncayola.com/batiment/article/2008/11/20/23050/l-inox-pour-resister-atlantique>
10. Tsunami-proof floodgates Japan (NSSC presentation)

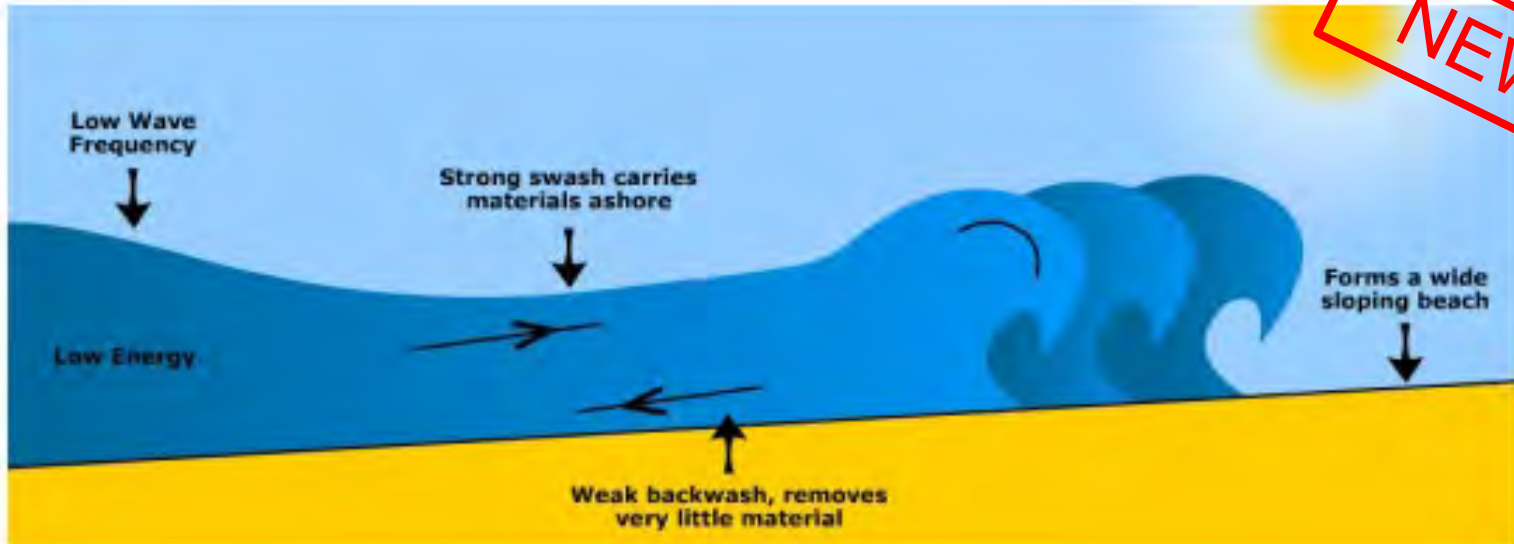
Riferimenti

NEW!

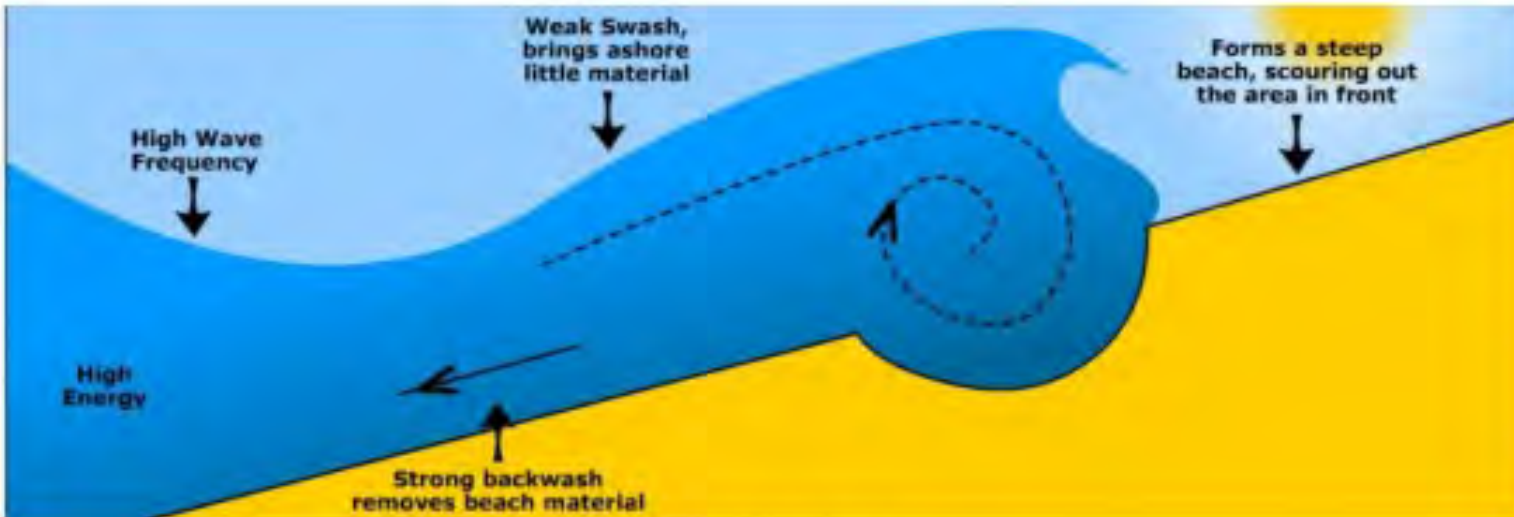
11. Sluices Mt St Michel
<https://www.nickelinstitute.org/en/NickelMagazine/MagazineHome/AllArchives/2015/Volume30-3/InUseMontStMichel.aspx?selected=year>
<https://europe.arcelormittal.com/europeprojectgallery/fo/montsaintmichel>
12. Tammeroski floodgate
<http://www.pratiwisteel.com/news/view/20110708090600/Outokumpu-Duplex-Stainless-Steel-For-Sluice-And-Flood-Gates-Structures-In-Finland.html> <https://www.pontek.fi/in-english>
13. Monaco
<https://www.cedinox.es/opencms901/export/sites/cedinox/.galleries/publicaciones-tecnicas/Extension-en-mer-de-Monaco.pdf>
14. Gårda Dämme floodgate, Göteborg
<https://www.outokumpu.com/en/choose-stainless/2016/floodgates-to-fight-rising-sea-levels>
15. <https://coastal-environments.weebly.com/landforms-and-processes.html>

Le onde costruiscono e distruggono le coste¹

NEW!



Constructive Waves



Destructive Waves

Grazie

Presentazione di supporto per i
docenti di Architettura e Ingegneria
civile

Capitolo 03

Perché gli acciai inossidabili?

Introduzione

Principali materiali utilizzati in
architettura, edilizia e costruzione

Utilizzo relativo dei principali materiali per l'edilizia oggi

**AGGIORNATO
AL 2019 !**

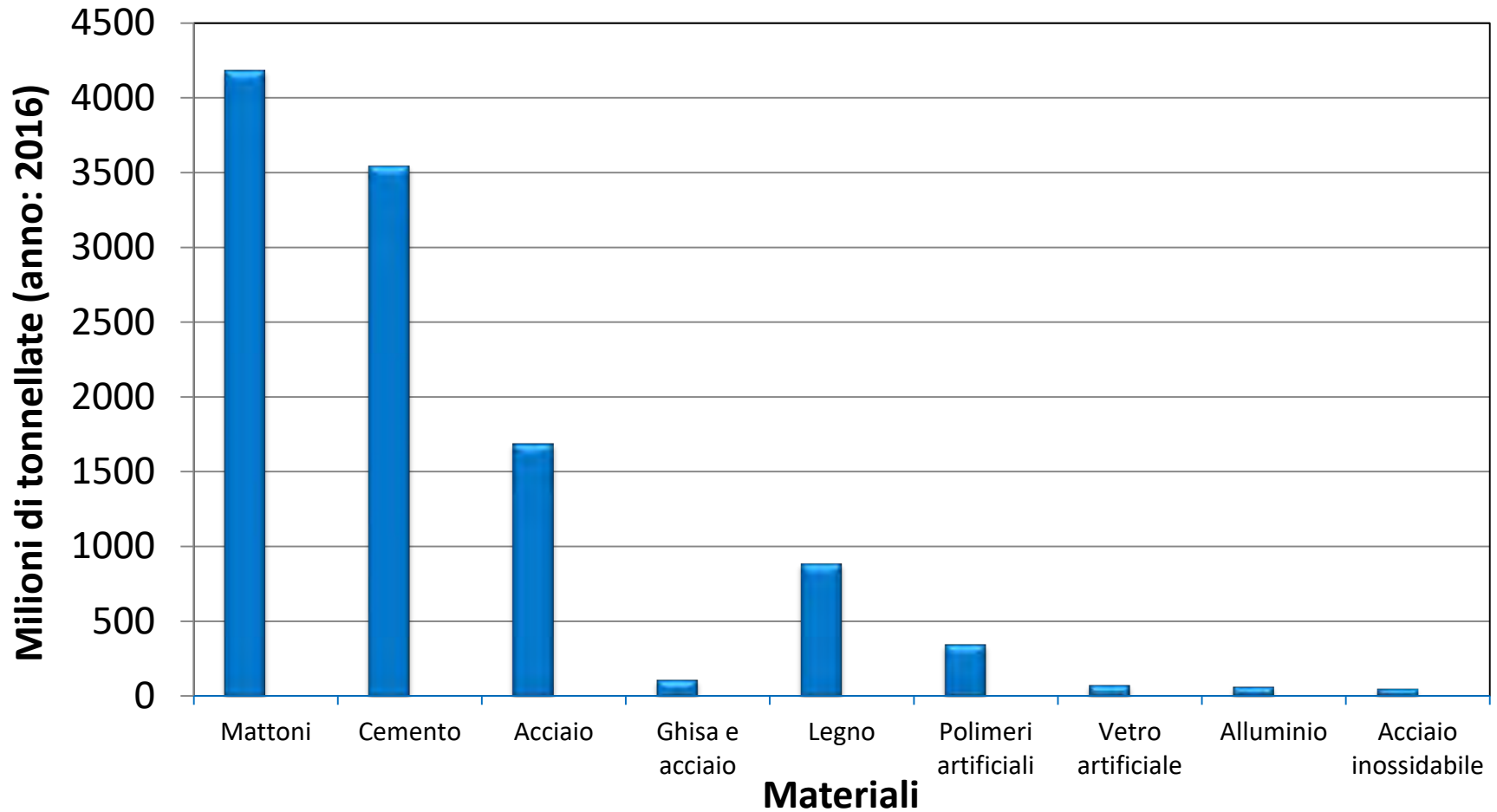
Materiali	Prod. mondiale 2016 *	Densità media	Note
Terra battuta, <i>pisé</i>	nd		Si utilizzava principalmente per le case tradizionali in Africa. Oggetto di rinnovato interesse per le sue proprietà ambientali
Mattoni ² La produzione tradizionale è molto inquinante e nociva per la salute	4185	2,0	Si presume anno 2017 Di cui l'87% in Asia
Cemento ³	3545	2,4**	(Per ottenere il valore per il calcestruzzo moltiplicare per 3-4) ** Densità del calcestruzzo – Nota: valori del 2018
Acciaio ^{4a}	1690	7,8	(Produzione di acciaio grezzo) 14% destinato alle infrastrutture - la metà come armatura ¹⁰ 42% finisce negli edifici ¹² Valori del 2018
Ghisa e acciaio ^{4b}	110	7,8	Dati del 2017 Di cui 48 ghisa grigia, 25 ferro dolce, 1 ferro malleabile, 11 acciaio
Legno ⁵ La deforestazione continua a guadagnare terreno	887	0,55	Legno segato + pannelli a base di legno (valori del 2016) Escludendo il legno per la carta (circa 656) Escludendo il legno per la combustione (1860) e altri prodotti ottenuti dal legno
Polimeri artificiali ⁶	348	1,1	Alcuni polimeri naturali: cellulosa, gomma, seta, chitina Valori del 2017
Vetro artificiale ⁷	75	2,6	Solo vetro piatto (80% del mercato totale del vetro) Altri principali mercati: vetro per il settore automobilistico e per l'energia solare
Alluminio ⁸	64	2,7	(Produzione di alluminio primario nel 2018) Il 24% è destinato alle costruzioni ¹⁰
Acciaio inossidabile ⁹	51	7,8	Valori del 2018 Il 17% è destinato alle costruzioni ¹¹

nd: non disponibile

* in milioni di tonnellate metriche

Utilizzo relativo dei principali materiali per l'edilizia oggi: istogramma

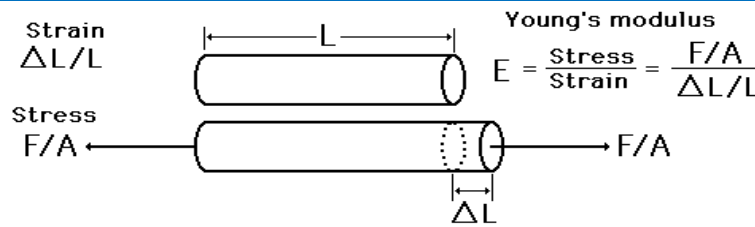
AGGIORNATO AL
2019!



Modulo di Young (E) dei vari materiali¹² (rigidità)

Materiale	Modulo di Young (E) (GPa)
Acciai	~210
Acciai inossidabili	~210
Leghe di rame	~130
Leghe di titanio	~100
Leghe di alluminio	~70
Calcestruzzo	~40
Legno	~10
Plastiche	~4

Gli acciai inossidabili sono rigidi come l'acciaio



Rapporto resistenza/peso¹³ dei metalli architettonici

Gli acciai inossidabili offrono un rapporto resistenza/peso paragonabile a quello degli acciai e delle leghe di Al

Materiale	Resistenza (YS)/peso specifico	Snervamento, sollecitazione, Mpa	Resistenza alla rottura per trazione, Mpa	Peso specifico (Kg/dm ³)	Allungamento min., %
Acciaio inossidabile 304 o 316, ricotto	26	205	515	7,8	35
Acciaio inossidabile 304 o 316, incrudito CP 350	45	350	-	7,8	-
Acciaio inossidabile 304 o 316, incrudito CP 500	62	480	-	7,8	-
Duplex 2205	64	500	700/950	7,8	20
Acciaio inossidabile, invecchiato	103	800	950/1150	7,8	10
Foglio commerciale in acciaio C, laminato a caldo	30	234	317	7,8	35
Acciaio strutturale (lamiera e barra)	32	250	400/550	7,8	23
Acciaio HSLA	49	380	460	7,8	25
Acciaio per costruzioni meccaniche 4140 Q&T	96	750	930/1080	7,8	12
Lega di alluminio 3003- H14	37	145	150	2,7	40
Lega di alluminio 3105- H14	38	150	170	2,7	5
Lega di alluminio 5005- H16	44	170	180	2,7	5
Lega di alluminio 6061- T6	71	275	310	2,7	12
Lega di alluminio 6063- T5	37	145	185	2,7	12
Rame	23	195	250	8,3	30

Panoramica semplificata di diversi materiali¹⁴

		Acciai inossidabili			Rame	Alluminio	Acciaio al carbonio	Plastiche
Proprietà		EN 1.4521 AISI 444	EN 1.4301 AISI 304	EN 1.4401 AISI 316				
Fisiche	Densità	-	-	-	--	+	-	+++
	Dilatazione lineare	++	0	0	0	-	+	--
	Conducibilità elettrica	--	-	-	+++	++	0	---
	Ferromagnetismo	Sì	NO	NO	NO	NO	Sì	NO
Meccaniche	Rigidità (mod. di Young)	+++	+++	+++	+	-	+++	---
	Trazione	+	++	++	0	-	+ / ++	--
	Allungamento	+	+++	+++	+++	++	0	-- / ++ +
Altre	Fabbricazione	++	++	++	+	0	++	-
	Alte temperature	++	++	+++	0	-	+	---
	Basse temperature	-	+++	+++	+	0	-	-
	Resistenza alla corrosione	+++	+++	++++	++	+	--	+

Simboli + Vantaggio - Difetto (rispetto ad altri materiali)

L'acciaio inossidabile resta un
materiale «giovane»

Nel corso della storia sono comparsi nuovi materiali

L'acciaio inossidabile è il più recente*

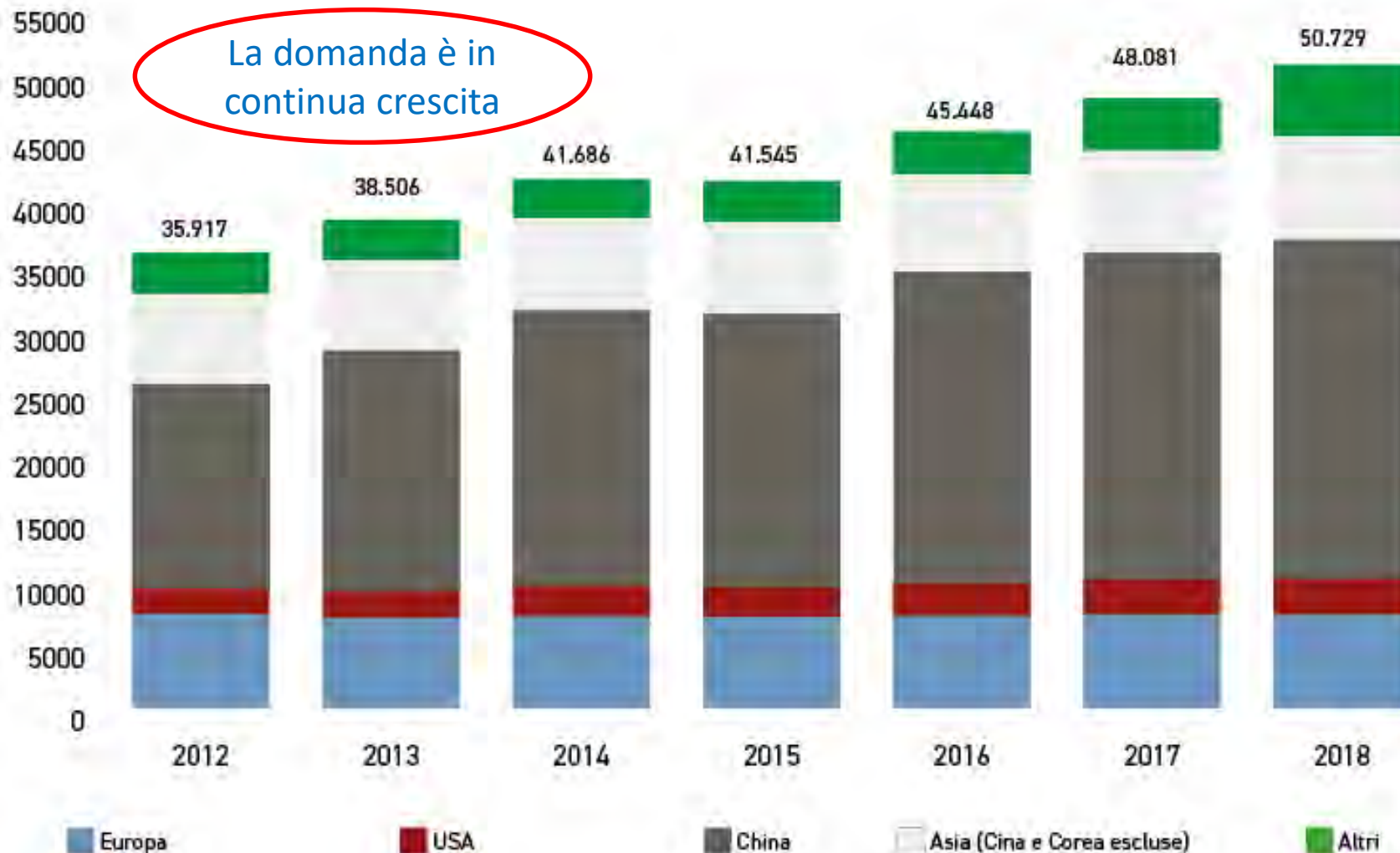
Materiali	Periodo	
Terra battuta, <i>pisé</i>		Si utilizza dall'alba dell'umanità!
Legno ¹⁵		Si utilizza dall'alba dell'umanità!
Mattoni ¹⁵	7500 a.C. 4500 a.C.	Mattoni in cotto/ceramica
Acciaio ¹⁵	4000 a.C. 1858	Laboratori di fabbri Processo Bessemer
Vetro artificiale ¹⁵	3500 a.C. 100 a.C. 1950	Prima produzione del vetro Vetro bianco Processo Pilkington (vetro float)
Alluminio ¹⁵	1825 1886	Oersted scopre l'alluminio Processo Hall-Heroult
Cemento armato ¹⁵	1850 1885	Ma il cemento è più antico Processo Rotary Kiln
Polimeri artificiali ¹⁵	1846 1907 1939	Celluloide Bachelite Nylon
Acciaio inossidabile ²	1912-1913 1954 1955	Prime leghe Processo AOD Laminazione di strisce a caldo

* Esistono materiali più moderni, ovviamente, ma non sono utilizzati in quantità significative

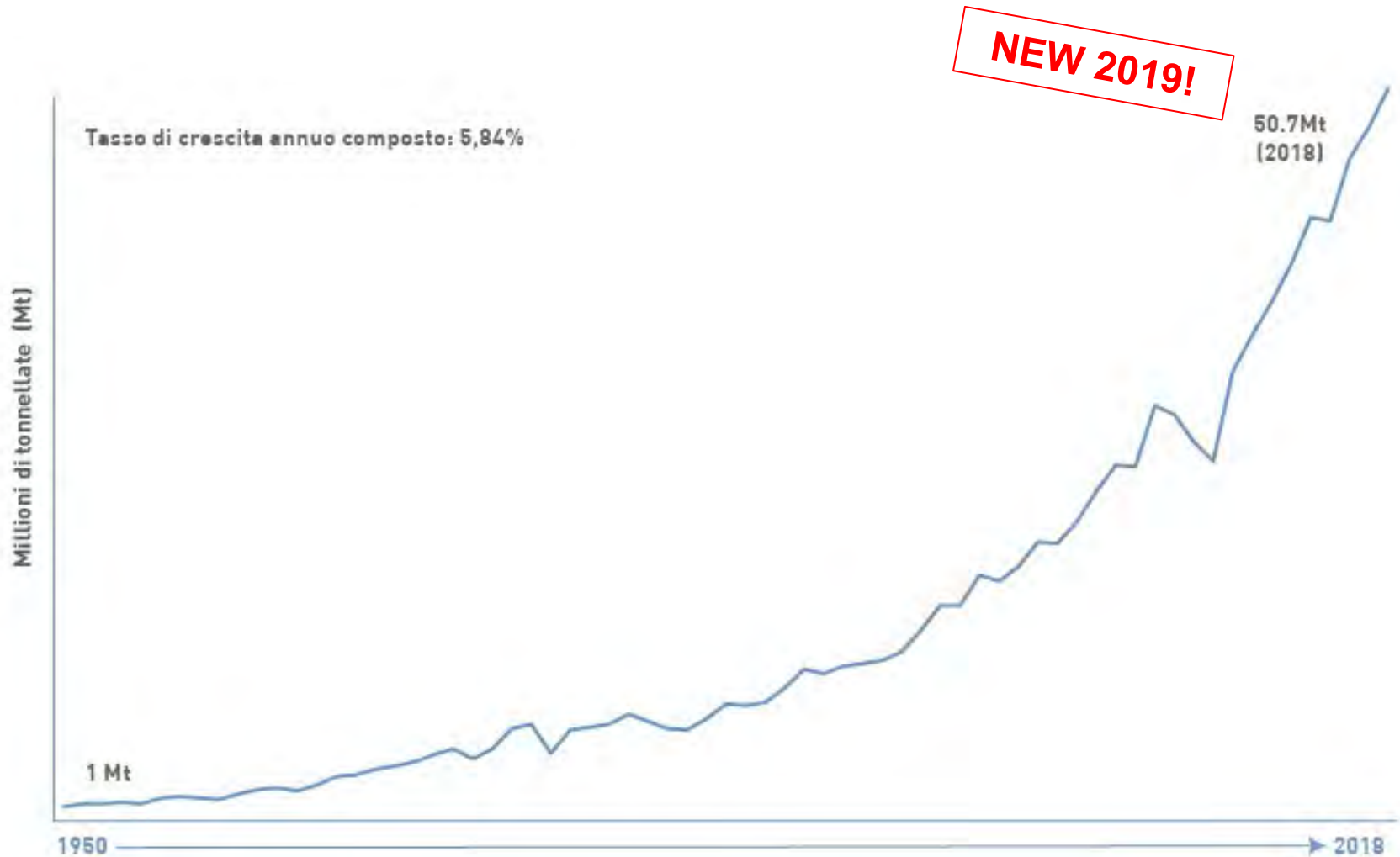
Produzione mondiale di acciaio inossidabile per aree¹

AGGIORNATO
AL 2019 !

Produzione di acciaio inossidabile da acciaieria (slebi/lingotti) per regione in migliaia di tonnellate.
Altri: Brasile, Russia, Sudafrica, Corea del Sud, Indonesia



Tasso di crescita annuo composto della produzione di acciaio inossidabile da acciaieria ²² (Milioni di tonnellate)



Perché l'acciaio inossidabile?

Per una serie di proprietà straordinarie

1. **Resistenza alla corrosione** (vedere capitolo 3)
 - In tutti gli ambienti: dai tropici ai poli, dal mare al deserto, inquinato o no...
 - Autopassivante, diversamente dai rivestimenti
2. **Dura per sempre** con poca o zero manutenzione
3. **Ampia gamma di proprietà meccaniche** garantite da diverse famiglie di acciai inossidabili (austenitici Cr-Ni – austenitici Cr-Mn – ferritici Cr – duplex – martensitici Cr C) e ora integrati nei principali regolamenti edilizi. A ciò si aggiunge un'eccellente resistenza al fuoco (vedere capitoli 4 e 5)
4. **Qualità estetiche**: ampia selezione di finiture superficiali disponibili a colori (vedere capitolo 6). A ciò si aggiunge la resistenza ai danni nelle aree pubbliche
5. **Facilità di fabbricazione/unione** (vedere capitolo 7)
6. **Eccellente sostenibilità** (vedere capitolo 9)
 - permette una lunga durata in servizio con poca o zero manutenzione,
 - 100% riciclabile (e più dell'85% riciclato) a fine vita in acciaio inossidabile senza perdita delle proprietà
7. **Sicuro e igienico**: inerte, senza contaminazione, facile da pulire e disinfettare
8. **Proprietà specifiche**: magnetico/non magnetico,

Che cosa limita l'utilizzo di acciai inossidabili: il prezzo

Gli acciai inossidabili sono costosi: Vero? O falso?

Risposta: **Sì** e **No**

Sì:

Se il costo iniziale del materiale è l'unica cosa importante (di solito a causa di fondi limitati...)

Ma poi una cattiva scelta può rivelarsi molto costosa:

- L'acciaio inossidabile costituisce di solito una piccola parte del progetto
- Interventi di riparazione e manutenzione intempestivi possono aggiungere costi diretti e indiretti enormi

No:

se

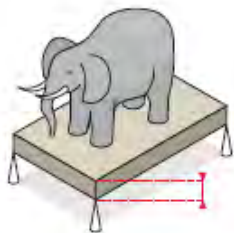
- viene tenuto conto del costo del ciclo di vita (il costo «reale»), ossia se nel calcolo sono inclusi manutenzione, durata in servizio e problemi di riciclaggio*
- il design è ottimizzato: fogli sottili, profilati in forme complesse possono produrre strutture forti, rigide che impiegano poco materiale.

*Nel miglior interesse del proprietario è sempre preferibile fare scelte basate sull'analisi del costo del ciclo di vita

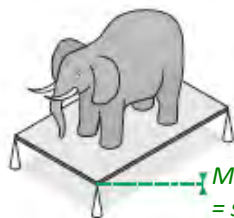
L'acciaio inossidabile (e altri metalli) usano poco materiale¹⁶

FARE DI PIÙ CON MENO

Grazie alla loro forza elevata, i metalli possono sostenere carichi elevati con meno materiale o essere utilizzati per rinforzare altri materiali.



materiale non metallico

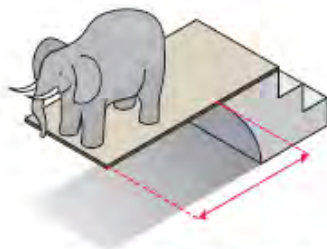


Meno materiale
= spessore
ridotto

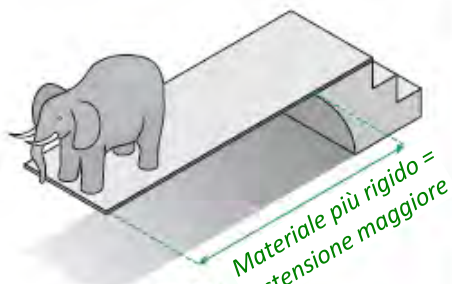
metallo

LIBERTÀ PER I DESIGNER

Grazie alla loro elevata rigidità, i metalli possono coprire grandi distanze, permettendo una maggiore libertà di progettazione.



materiale non metallico



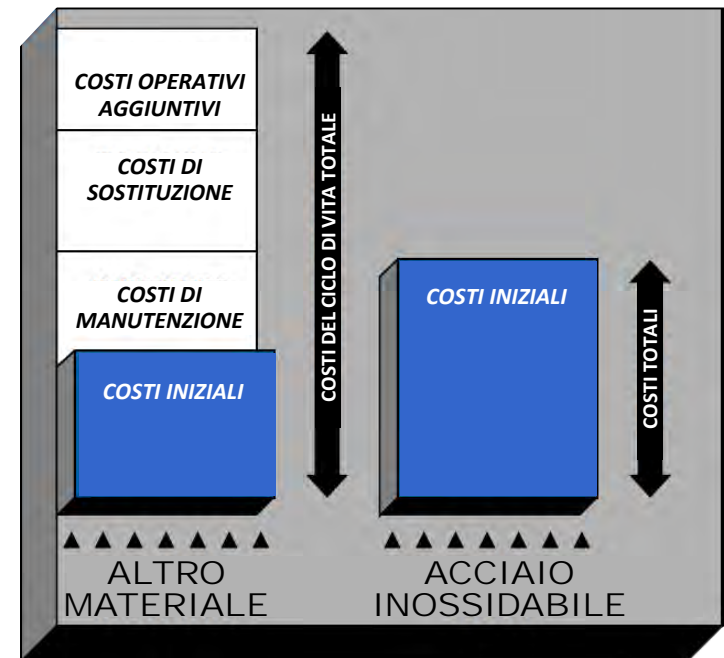
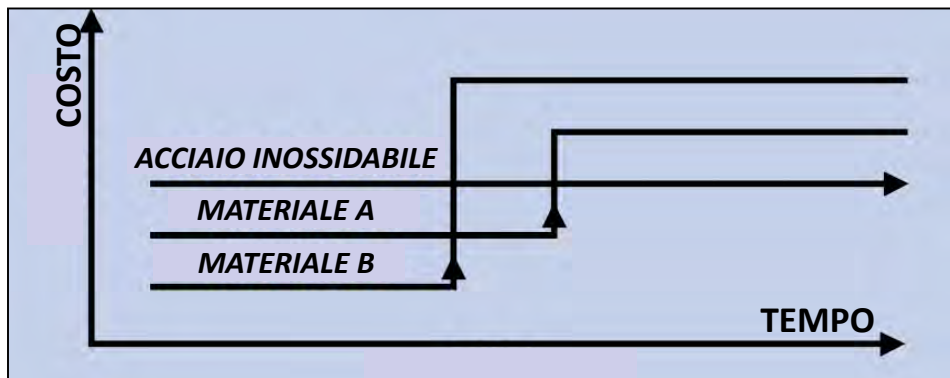
Materiale più rigido =
estensione maggiore

metallo

Normalmente si utilizzano fogli di acciaio inossidabile con spessori sottili: 0,4mm e 0,6mm.
Peso: solo 3,12Kg e 4,68Kg rispettivamente per m² !


Perché l'acciaio inossidabile non è costoso nel costo del ciclo di vita è un fattore di cui si tiene conto

Il costo delle strutture realizzate con altri materiali aumenta sostanzialmente nel tempo, mentre il costo delle strutture in acciaio inossidabile si mantiene normalmente costante.



Il costo della corrosione supera i 276 miliardi di dollari soltanto negli USA ¹⁷

Confronto sul costo del ciclo di vita di 2 vecchie strutture^{18,19}

Strutture	Data di completamento	Materiale	Altezza	Manutenzione
	1889 	Ferro battuto	324m	Ogni 7 anni. Ogni intervento di verniciatura dura circa un anno e mezzo (15 mesi). 50-60 tonnellate di vernice, 25 imbianchini, 1500 pennelli, 5000 dischi per carteggiatura e 1500 set di abiti da lavoro.
Chrysler Building (tetto e ingresso) – New York 	1930 (tetto 1929) 	Acciaio inossidabile austenitico (grado: 302)	319m	Due volte nel 1951, 1961, 1995. La soluzione per la pulizia del 1961 non è nota. Nel 1995 è stato utilizzato un detergente delicato, sgrassante e abrasivo.

* La Torre Eiffel fu costruita prima dell'invenzione dell'acciaio inossidabile...doveva essere una struttura temporanea, ma il pubblico se ne innamorò!

Esempio:

confronto tra la manutenzione di 2 ponti molto
conosciuti^{20, 21}

- Golden Gate Bridge a San Francisco
- Stonecutter's Bridge a Hong Kong

Nelle 2 slide successive

Il Golden Gate bridge (1937), San Francisco

<- Manutenzione



“un gruppo robusto di **13 operai siderurgici** e **3 addetti alla sfornatrice** insieme a **28 imbianchini**, **5 pittori** e **un capo pittore di ponti** hanno combattuto contro vento, aria di mare e nebbia, spesso sospesi in alto sopra al cancello per riparare l'acciaio corrosivo. Gli operai siderurgici sostituiscono l'acciaio corrosivo e i rivetti con bulloni in acciaio ad alta resistenza, creano piccoli prodotti da usare sul ponte e assistono i verniciatori. Gli operai siderurgici rimuovono anche le lamiere e le barre per permettere ai verniciatori di accedere negli spazi interni delle colonne e delle corde che costituiscono il ponte. I verniciatori preparano tutte le superfici del ponte e riverniciano tutte le aree corrose". ²⁰

Stonecutter's bridge (2009), Hong Kong

<- Manutenzione



Dettagli del progetto: ponte strallato con 3 corsie doppie, lungo 1,596m e luce libera di 1,018m. Resistente ai tifoni.

Materiale: piastre di acciaio inossidabile EN1.4462 (duplex) con sollecitazione da snervamento pari a 450MPa utilizzata per le torri sopra +175m alla cima (+295m) e per le torri al cielo.

Perché l'acciaio inossidabile al posto dell'acciaio C: progettato per una vita di 120 anni in un ambiente marino caldo e inquinato. Progettato per zero manutenzione. ²¹

Riferimenti principali

1. <https://worldstainless.org/>
2. (a) <http://www.hablakilns.com/the-brick-industry/the-brick-market/>
(b) [http://wiki.answers.com/Q/What is the weight of a red clay brick in Kilograms](http://wiki.answers.com/Q/What_is_the_weight_of_a_red_clay_brick_in_Kilograms)
3. CEM bureau <https://cembureau.eu/cement-101/key-facts-figures/>
4. (a) <https://www.worldsteel.org/> (b) www.globalcastingmagazine.com
5. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>
6. <https://www.plasticseurope.org/en/resources/market-data>
7. (a) <http://www.glassforeurope.com/en/industry/global-market-structure.php> (b)
<https://www.statista.com/statistics/609964/flat-glass-market-key-info-globally-projection/>
8. <http://www.world-aluminium.org/statistics/primary-aluminium-production/>
9. <https://www.worldstainless.org/statistics/stainless-steel-meltshop-production/>
10. <http://www.withbotheyesopen.com/>
11. <http://www.ssina.com/overview/markets.html>
12. <http://www.mdp.eng.cam.ac.uk/web/library/enginfo/cueddatabooks/materials.pdf>
13. http://www.nickelinstitute.org/~Media/Files/TechnicalLiterature/CapabilitiesandLimitationsofArchitecturalMetalsandMetalsforCorrosionResistancel_14057a_.pdf
14. <http://www.aperam.com/>
15. [Wikipedia](#)
16. <https://european-aluminium.eu/media/1310/en-metals-for-buildings-essential-fully-recyclable.pdf>

Riferimenti principali (continua)

17. US Federal Highway administration reports FHWA-RD-01-156 and 157 www.corrosioncost.com
18. a) <https://www.tou Eiffel.paris/en> b) <http://corrosion-doctors.org/Landmarks/Eiffel.htm>
19. a) http://en.wikipedia.org/wiki/Chrysler_Building b)
[https://www.nickelinstitute.org/library/?opt_perpage=20&opt_layout=grid&searchTerm=11023
&page=1](https://www.nickelinstitute.org/library/?opt_perpage=20&opt_layout=grid&searchTerm=11023&page=1)
20. <http://goldengatebridge.org/research/facts.php#IronworkersPainters>
21. https://www.worldstainless.org/files/issf/non-image-files/PDF/Structural/Stonecutters_Bridge_Towers.pdf
22. [https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF Stainless Steel in Figures 2019 English public version.pdf](https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_Steel_in_Figures_2019_English_public_version.pdf)

Grazie

Presentazione di supporto per i
docenti di Architettura e Ingegneria
civile

Capitolo 04

Cosa sono gli acciai inossidabili?

Video



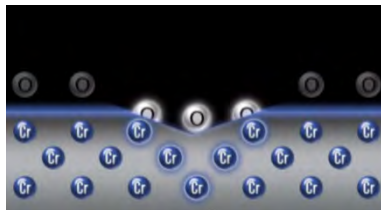
L'acciaio inossidabile compie 100 anni

<https://youtu.be/E-GcuxtWcnc>



Legato per un valore che dura nel tempo

<https://youtu.be/wzgE9WITqwx>

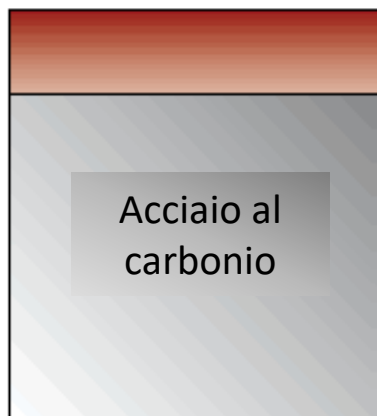


Autoriparante, per un valore che dura nel tempo

<https://youtu.be/LdrK365xiJM>

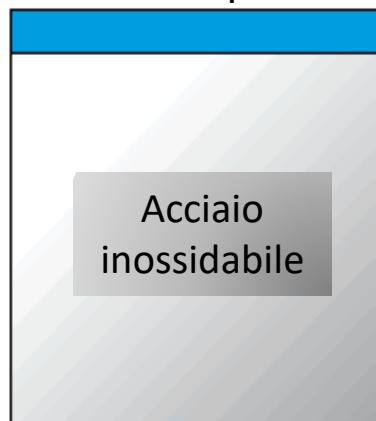
Gli acciai inossidabili sono leghe a base di ferro contenenti almeno il 10,5% di cromo

Ossido superficiale (ruggine) > 20µm di spessore



< 10,5 % cromo

Pellicola passiva superficiale ~ 2nm di spessore

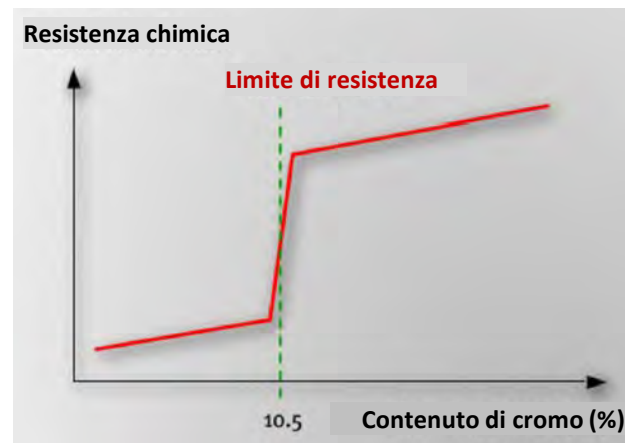


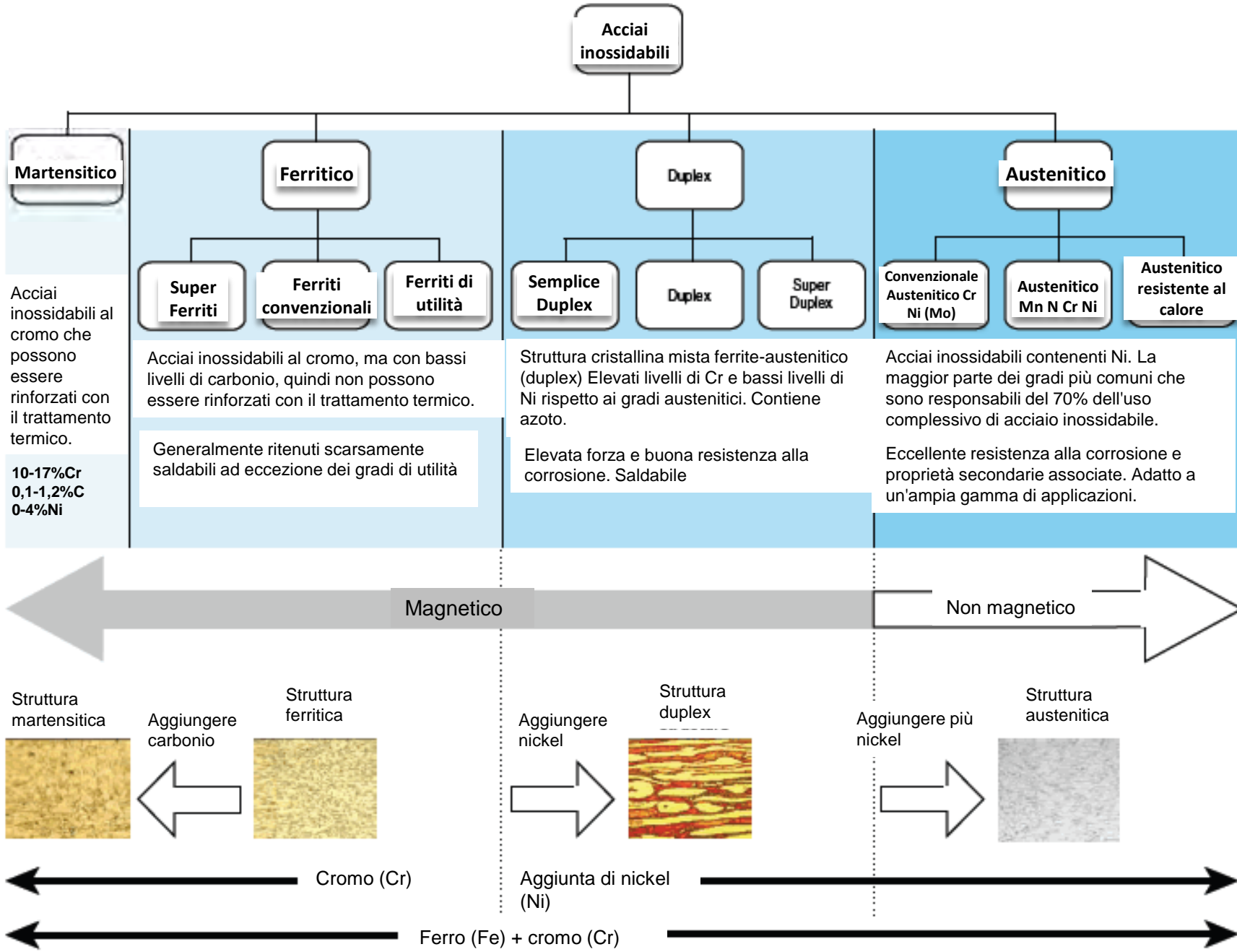
> 10,5 % cromo

➔ **la resistenza alla corrosione**

La pellicola passiva si forma in pochi minuti

L'aumento del contenuto di Cr intensifica l'efficacia della pellicola passiva... ma ci sono altri fattori importanti che influenzano la resistenza alla corrosione (vedere capitolo 5)





Gradi Cr-Ni (austenitici)⁴

Sottogruppi:

▪ Cr-Ni	Normalmente EN 1.4301/AISI 304	Cr: 18	Ni: 9	Fe: equilibrio
▪ Cr-Ni-Mo	Normalmente EN 1.4401/AISI 316	Cr: 18	Ni 10 Mo: 2.5	Fe: equilibrio

Proprietà comuni:

- ottima resistenza alla corrosione, direttamente proporzionale al contenuto in lega
- ... ma possono essere soggetti a rottura da tensocorrosione (stress-corrosion cracking, SCC) in ambiente con cloro (ad es. piscine)
- Elevata duttilità e resistenza all'urto a qualsiasi temperatura (comprese quelle molto basse)
- La resistenza può essere incrementata con la lavorazione a freddo (ma non con il trattamento a caldo)
- Ottima resistenza al fuoco
- Ottime proprietà di sagomatura a caldo e a freddo (duttilità, allungamento)
- Facile da saldare (TIG, MIG)

I più conosciuti e i più utilizzati ancora oggi

Codice colore:

▪ Resistenza alla corrosione

▪ Caratteristiche meccaniche

▪ Fabbricazione

Gradi Cr-Mn (austenitici con manganese)⁵

Grado tipico:

- | | | | | | | |
|--------------|--------------------------------|--------|-------|-------|--------|----------------|
| ▪ Cr-Mn-Ni-N | Normalmente EN 1.4372/AISI 201 | Cr: 17 | Mn: 7 | Ni: 4 | N:0.15 | Fe: equilibrio |
|--------------|--------------------------------|--------|-------|-------|--------|----------------|

Proprietà comuni:

- minore resistenza alla corrosione
- ... ma di gran lunga più soggetto a SCC e a pitting (puntinatura), in particolare con bassi livelli di Ni e Cr
- Resistenza maggiore
- Scarse proprietà di sagomatura a freddo a causa dell'elevato indurimento da lavorazione
- Scarsa lavorabilità alla macchina
- Più difficili da saldare
- Costano meno degli austenitici Cr-Ni ... ma più dei ferritici Cr

Utilizzati prevalentemente in India e Cina

Codice colore:

▪ Resistenza alla corrosione

▪ Caratteristiche meccaniche

▪ Fabbricazione

Gradi Cr (ferritici)⁶

Sottogruppi:

▪ Cr	Normalmente EN 1.4016/AISI 430	Cr: 17	Fe: equilibrio
▪ Cr-Mo	Normalmente EN1.4521/AISI 444	Cr: 18 Mo: 2 Ti+Ni: 0.4	Fe: equilibrio

Proprietà comuni:

- insensibili alla rottura da tensocorrosione
- Buona duttilità (minore, comunque, rispetto ai gradi austenitici)
- Non adatti per l'uso a temperature molto basse
- La resistenza può essere alquanto incrementata con la lavorazione a freddo (ma non con il trattamento a caldo)
- Ottime proprietà di sagomatura a caldo: (meno ritorno elastico, minore usura degli utensili ma il minore allungamento richiede un processo di imbutitura profondamente diverso rispetto agli austenitici)
- I gradi stabilizzati (ossia con Nb e/o Ti) sono facili da saldare (TIG, MIG)

Offrono un ottimo rapporto costo/prestazioni per molte applicazioni e sono sempre più utilizzati

Codice colore:

▪ Resistenza alla corrosione

▪ Caratteristiche meccaniche

▪ Fabbricazione

Gradi Cr (martensitici)⁷

Sottogruppi:

▪ C-Cr	Normalmente EN1.4021/AISI 420	Cr: 13	C:0.2	Fe: equilibrio
▪ C-Cr-Ni	Normalmente EN1.4057/AISI431	Cr: 16	Ni: 2 C: 0.2	Fe: equilibrio
▪ Indurenti per precipitazione	Normalmente EN1.4542/AISI630	Cr: 17	Ni: 4 Cu:4	Fe: equilibrio

Proprietà comuni:

- Discreta-buona resistenza alla corrosione, direttamente proporzionale al contenuto in lega
- Resistenza elevata ottenuta col trattamento a caldo (non con la lavorazione a freddo). Allungamento limitato.
- Non adatti per l'uso a temperature molto basse
- Non adatti per la sagomatura, spesso processati con la lavorazione meccanica
- Possono essere saldati (TIG, MIG), ma di solito richiedono un trattamento a caldo post-saldatura

Sono utilizzati come acciai per costruzioni meccaniche con resistenza alla corrosione

Codice colore:

▪ Resistenza alla corrosione

▪ Caratteristiche meccaniche

▪ Fabbricazione

Duplex (austenitici-ferritici)⁸

Sottogruppi:

▪ Cr-Ni	Normalmente EN1.4362	Cr: 23 Ni: 4	Fe: equilibrio
▪ Cr-Ni-Mo	Normalmente EN1.4462	Cr: 22 Ni: 5 Mo: 3	Fe: equilibrio

Proprietà comuni:

- eccellente resistenza alla corrosione, direttamente proporzionale al contenuto in lega
- Insensibili alla rottura da tensocorrosione
- Elevata resistenza, buona duttilità
- La resistenza può essere incrementata con la lavorazione a freddo (ma non con il trattamento a caldo)
- Ottime proprietà di sagomatura a caldo e a freddo (duttilità, allungamento)
- Saldabili (TIG, MIG)

Offrono la miglior
combinazione di
proprietà meccaniche
e di resistenza alla
corrosione

Codice
colore:

▪ Resistenza alla
corrosione

▪ Caratteristiche
meccaniche

▪ Fabbricazione

Proprietà fisiche^{9, 10}

Materiali	Modulo di elasticità Gpa	Coefficiente di dilatazione termica 10^{-6}K^{-1}	Conducibilità termica $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$	Ferromagnetismo	Densità Kg/dm^3
Austenitici Cr-Ni	210	18	15	No	7.8
Austenitici Cr-Mn	210	17	15	No	7.8
Ferritici Cr	220	11	23	Sì	7.7
Cr-Ni (Mo)-N duplex	210	14	15	Intermedio	7.8
Martensitici Cr-C	215	11	30	Sì	7.7
Acciaio al carbonio	210	12	18	Sì	7.8
Rame	135	17	380	No	8.3
Alluminio	70	22	230	No	2.7
Vetro	65	9	1,7	No	2.5
Calcestruzzo	48	10	1	No	2.5

Norme sugli acciai inossidabili

Principali norme mondiali:

ISO



EN



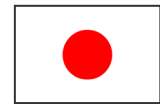
ASTM/AISI



UNS



JIS



Note:

La maggior parte dei paesi fa riferimento alle norme sopra indicate, che sono ampiamente accettate.

Molti dei gradi sono simili in tutte le norme sopra indicate.

Elenco delle norme americane: rif. 11

Elenco delle norme europee: rif. 12

Sono disponibili le tabelle di corrispondenza: rif. 13 - 15

Principali gradi in architettura, edilizia e costruzione: EN 10088-4 (per lamiera/nastri)^{16, 17}

Grado	ASTM UNS	C Wt%	Cr Wt%	Ni Wt%	Mo Wt%	Altro Wt%	Uso tipico ^{3,4}
4003	S40977	0,02	11,5	0,5	-	-	ambienti interni riscaldati e non riscaldati
4016	430	0,04	16,5	-	-	-	rivestimenti decorativi per interni
4509	S43932	0,02	18	-	-	Nb Ti	Copertura interna del tetto e prodotti per acqua piovana - spesso rivestiti con stagno per patina
4510	439	0,02	17	-	-	Ti	
4521	444	0,02	17,8	-	2,1	Ti	mercato nazionale delle tubazioni
4301	304	0,04	18,1	8,1	-	-	Costruzione di interni ed esterni in atmosfere industriali normali lontane dalla costa
4307	304L	0,02	18,1	8,1	-	-	
4306	304L	0,02	18,2	10,1	-	-	
4401	316	0,04	17,2	10,1	2,1	-	Applicazioni umide in modo permanente, località in atmosfera costiera, ambienti industriali inquinati o vicino alle strade dove i sali antighiaccio possono costituire un problema
4404	316L	0,02	17,2	10,1	2,1	-	
4571	316Ti	0,04	16,8	10,9	2,1	Ti	
4529	N08926	0,01	20,5	24,8	6,5	N, Cu	gallerie stradali e piscine coperte
4547		0,01	20,0	18,0	6,1	N, Cu	
	S31254						

Principali gradi in architettura, edilizia e costruzione: EN 10088-5(per barre/fili/profilati)¹⁸

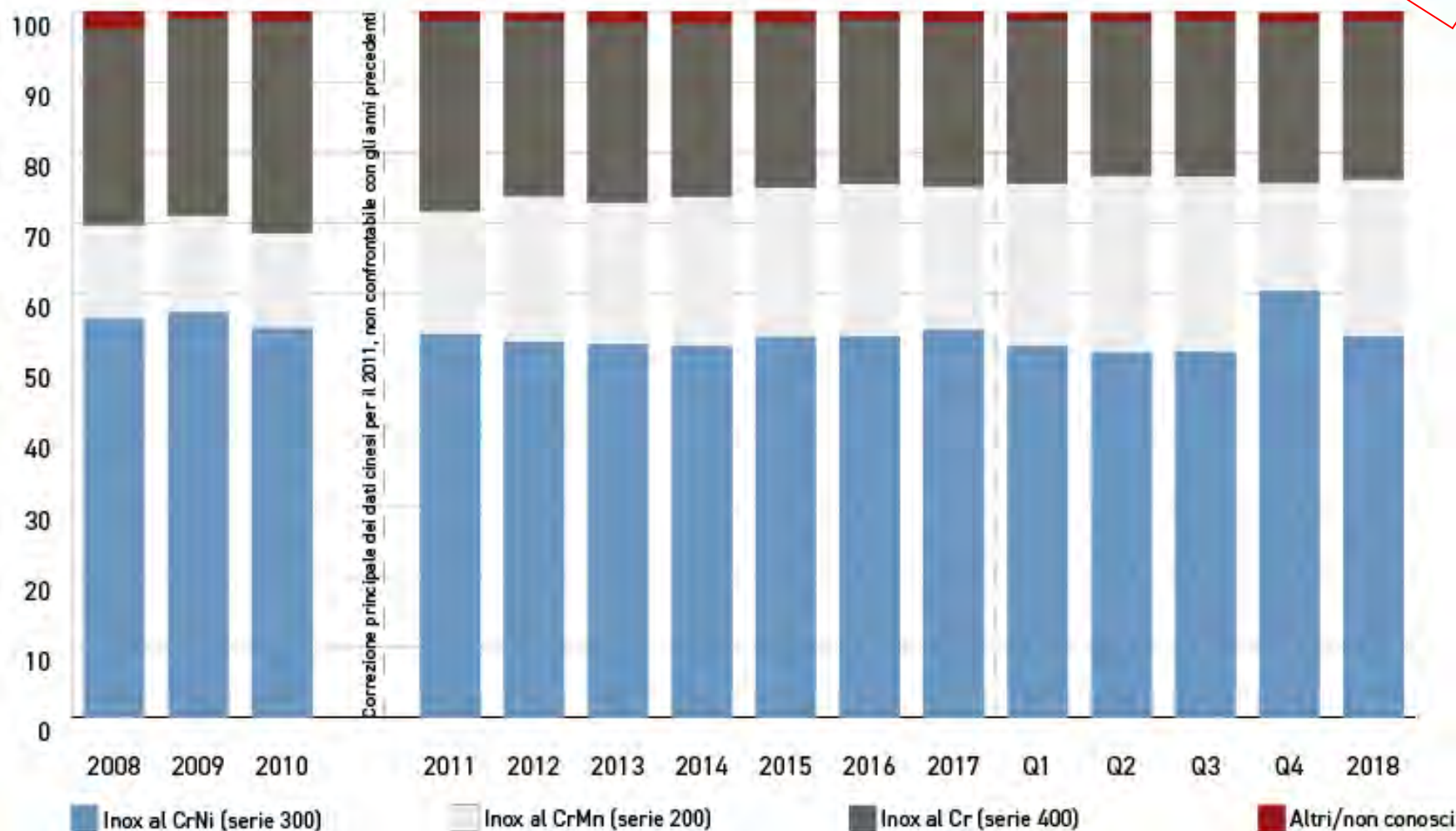
Grado	ASTM UNS	C Wt%	Cr Wt%	Ni Wt%	Mo Wt%	Altro Wt%	Uso tipico ⁶
4003	S40977	0,02	11,5	0,5	-	-	
4016	430	0,04	16,5	-	-	-	Ganci per tegole
4542	630	0,04	16,0	4,0		Cu,Nb	Barre di ancoraggio
4301	304	0,04	18,1	8,1	-	-	Armatura Dispositivi di fissaggio A2
4307	304L	0,02	18,1	8,1	-	-	
4311	304N	0,02	18,1	8,6	-	N	
4567	304Cu	0,02	17,1	8,6	-	Cu	
4401	316	0,05	16,6	10,1	2,1	-	Costruzione di interni ed esterni in atmosfere industriali normali lontane dalla costa, Armatura
4404	316L	0,02	16,6	10,1	2,1	-	
4429	« 316LN »	0,02	16,6	11,1	2,6	N	
4529	« 926 »	0,01	20,5	24,8	6,5	N, Cu	Gallerie stradali e piscine coperte
4547	S31254	0,01	20,0	18,0	6,1	N, Cu	
4362	S32304	0,02	22,5	3,6	0,3	N, Cu	Armatura e componenti meccanici
4462	S32205	0,02	21,5	4,6	2,8	N	Armatura e componenti meccanici

Dettaglio della produzione di acciaio inossidabile nel mondo per famiglia



Dettaglio della produzione mondiale per famiglia¹⁹

AGGIORNATO
AL 2019 !

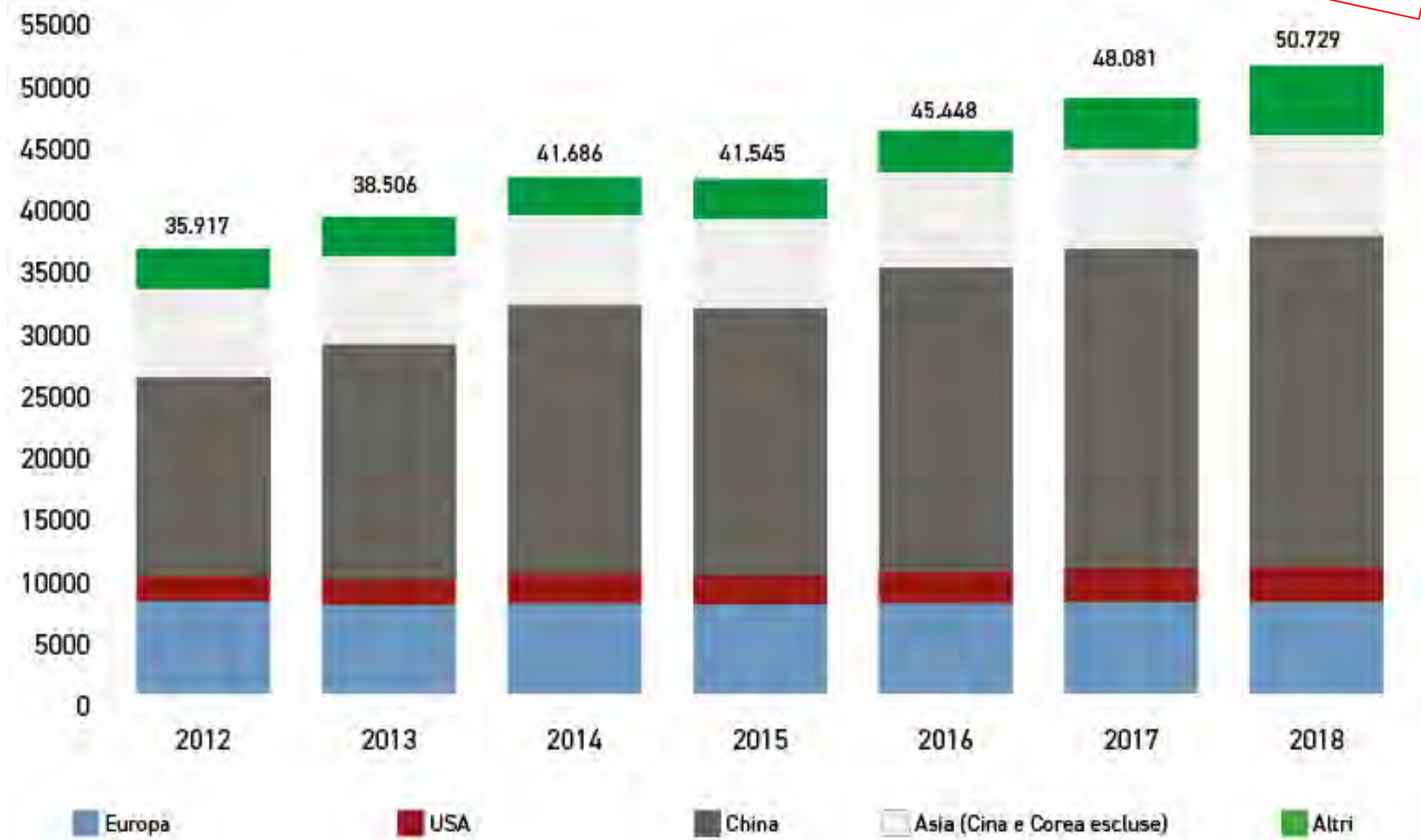


I prezzi elevati Ni favoriscono la sostituzione dei gradi popolari CrNi con i gradi Cr-Mn o Cr
I gradi duplex sono marginali oggi, ci si aspetta una crescita in futuro

Produzione di acciaio inossidabile da acciaieria (slebi/lingotti) per regione in migliaia di tonnellate.

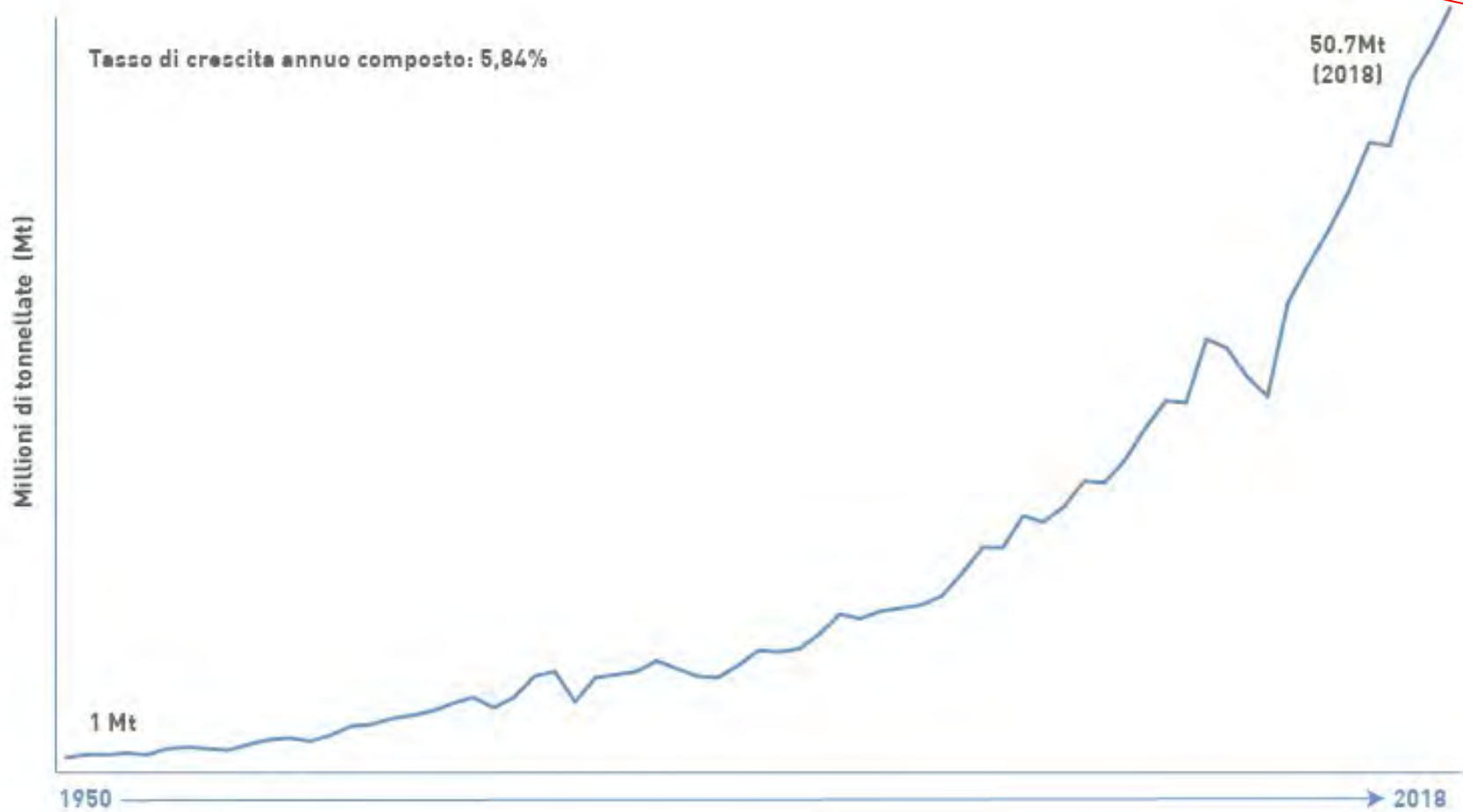
Produzione di acciaio inossidabile da acciaieria (slebi/lingotti) per regione in migliaia di tonnellate.
Altri: Brasile, Russia, Sudafrica, Corea del Sud, Indonesia

**UPDATED
2019 !**

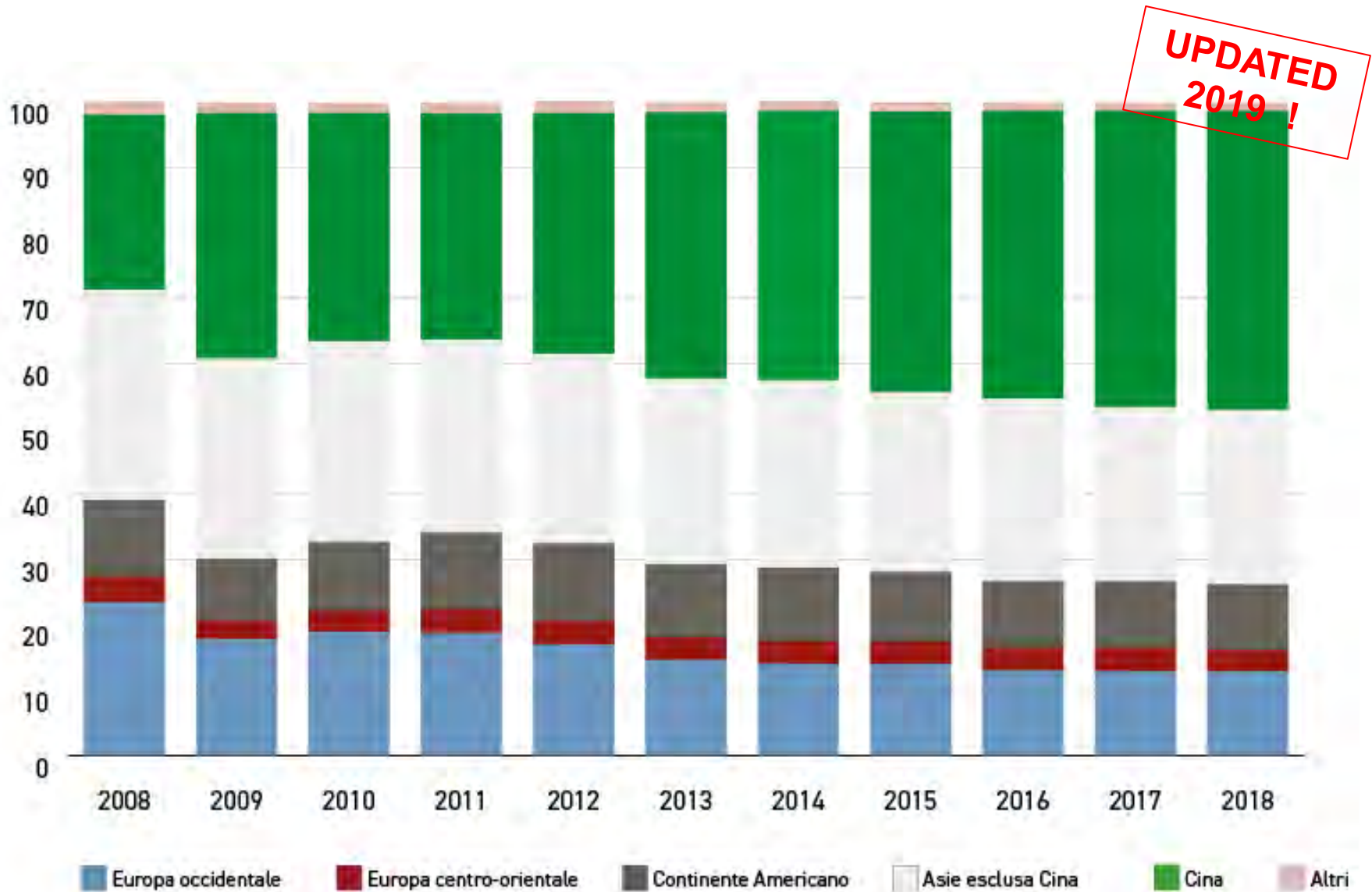


Tasso di crescita annuo composto della produzione di acciaio inossidabile da acciaieria (Milioni di tonnellate)

**UPDATED
2019 !**



Consumo apparente di acciaio inossidabile per regione



Riferimenti (1/2)

1. <http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/TheStainlessSteelFamily.pdf>
2. D. Peckner Handbook of Stainless Steels Hardcover – June, 1977 ISBN-13: 978-0070491472 ISBN-10: 007049147X
3. http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/Austenitics.pdf
4. New « 200 series steels »: An opportunity or a threat to the image of stainless steel?
https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSFNew200seriessteelsAnopportunityorathreat_EN.pdf
5. The ferritic solution: http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_The_Ferritic_Solution_English.pdf
6. <http://www.outokumpu.com/en/stainless-steel/about-stainless-steel/stainless-steel-types/pages/default.aspx>
7. Martensitic stainless steels https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_Martensitic_Stainless_Steels.pdf
8. Duplex stainless steels: <https://www.imoa.info/molybdenum-uses/molybdenum-grade-stainless-steels/architecture/structural-duplex-stainless.php?d=1>
9. https://www.nickelinstitute.org/~Media/Files/TechnicalLiterature/CapabilitiesandLimitationsofArchitecturalMetalsandMetalsforCorrosionResistancel_14057a_.pdf
10. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Tables_TechnicalProperties_EN.pdf
11. http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/2014-8-Specification-and-Guideline-list.pdf
12. <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=370&featured=1>
13. <https://www.worldstainless.org/about-stainless/what-is-stainless-steel/standards/>

Riferimenti (2/2)

14. Chemical composition of stainless steel flat products for general purposes to EN 10088-2: <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=44>
15. Chemical composition of stainless steel long products for general purposes to EN 10088-3: <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=46>
16. EN 10088-4:2009 Stainless steels. Technical delivery conditions for sheet/plate and strip of corrosion resisting steels for construction purposes www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/EN10088-4_EN.pdf
17. Stainless steel flat products for building – the grades in EN 10088-4 explained: https://www.worldstainless.org/files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/EN10088-4_EN.pdf
18. EN 10088-5: 2009 Stainless steels. Technical delivery conditions for bars, rods, wire, sections and bright products of corrosion resisting steels for construction purposes.
19. ISSF publication « Stainless Steel in Figures »: https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_Steel_in_Figures_2019_English_public_version.pdf

Grazie!

Presentazione di supporto per i docenti
di Architettura e Ingegneria civile

Capitolo 05:
Resistenza alla corrosione
degli acciai inossidabili

Indice

1. La maggior parte dei materiali è soggetta a decadimento nel tempo
2. Perché l'acciaio inossidabile resiste alla corrosione
3. Tipi di corrosione degli acciai inossidabili
4. Come scegliere l'acciaio inossidabile giusto per una resistenza alla corrosione adeguata
 - Applicazioni strutturali
 - Altre applicazioni
5. Riferimenti

1. La maggior parte dei materiali è soggetta a decadimento nel tempo

La maggior parte dei materiali è soggetta a decadimento nel tempo

Materiale	Legno	Acciaio	Calcestruzzo
			
<p>Tipo di decadimento</p>	<p>Funghi Insetti Sole+pioggia</p>	<p>Ruggine</p>	<p>Fessurazione/ sfaldamento</p>
<p>Azioni che attenuano il danno</p>	<p>Sostanze chimiche Pittura/vernice</p>	<p>Galvanizzazione Verniciatura</p>	<p>Armatura resistente alla corrosione</p>

La maggior parte dei materiali è soggetta a decadimento nel tempo

Materiale	Pietra	Vetro	Polimeri
			
Tipo di decadimento	Usura Danno da inquinamento	Rotture	Diventa fragile sotto la luce UV
Azioni che attenuano il danno	Solitamente nessuna	Vetro temperato	Miglioramento dei gradi dei polimeri

La maggior parte dei materiali è soggetta a decadimento nel tempo

Materiale	Alluminio*	Rame	Acciaio inossidabile
			
Tipo di decadimento	Pitting nel tempo, eventuale corrosione galvanica	Forma una patina verde nel tempo	Nessun decadimento
Azioni che attenuano il danno	La corrosione galvanica può essere evitata	Nessuna	Nessuna richiesta

* L'alluminio forma un sottile ossido protettivo proprio come quello dell'acciaio inossidabile, ma con una resistenza alla corrosione molto inferiore

La corrosione nel cemento

(i problemi di corrosione non sono limitati alle superfici esterne!)



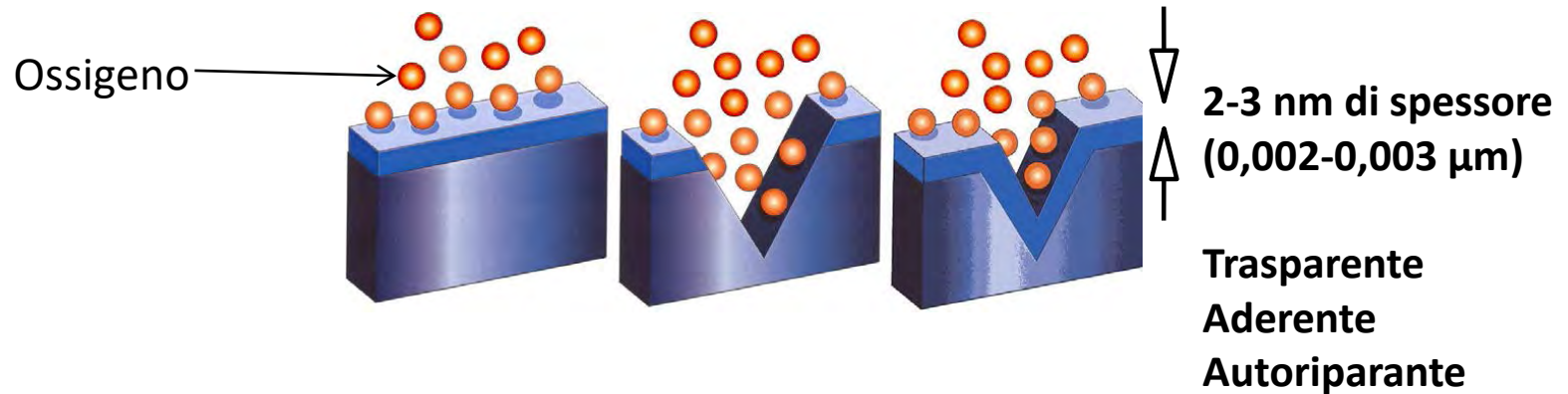
L'acciaio inossidabile è sinonimo di forza e resistenza alla corrosione all'interno del cemento, fornisce una lunga durata in servizio senza manutenzione.

- La corrosione dell'acciaio al carbonio non protetto si verifica anche all'interno delle strutture di cemento armato poiché i cloruri presenti nell'ambiente (marino/antighiaccio) si diffondono nel cemento.
- I prodotti di corrosione (ruggine) hanno un volume maggiore rispetto al metallo, creano tensioni interne che provocano lo sfaldamento del cemento.
- Attenuare la corrosione delle barre di acciaio nel cemento è un must.
- Si utilizzano diverse tecniche: rivestimento più spesso del cemento; protezione catodica; membrane, rivestimento epossidico... e acciaio inossidabile al posto dell'acciaio al carbonio.

2. Perché l'acciaio inossidabile resiste alla corrosione

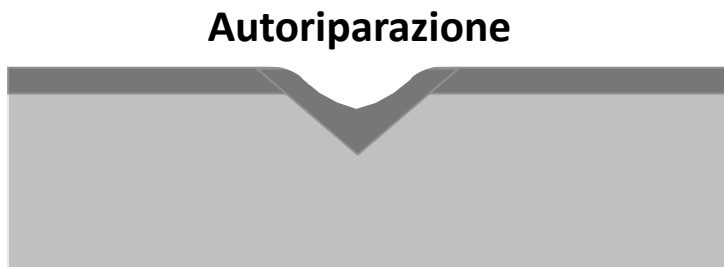
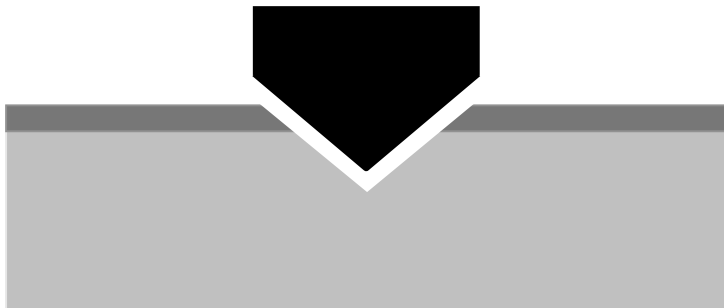
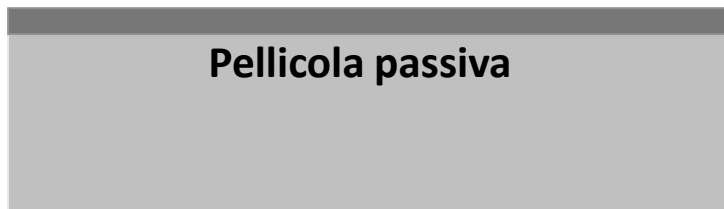
Strato passivo vs. rivestimenti

**PELLICOLA PASSIVA su ACCIAIO INOSSIDABILE:
Ossi-idrossidi di Fe e Cr**

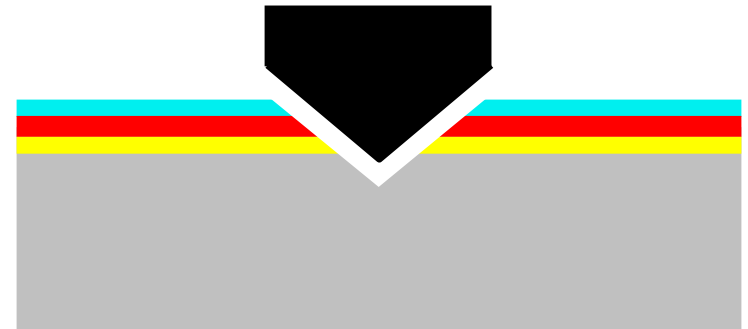


Danno allo strato protettivo

Acciaio inossidabile



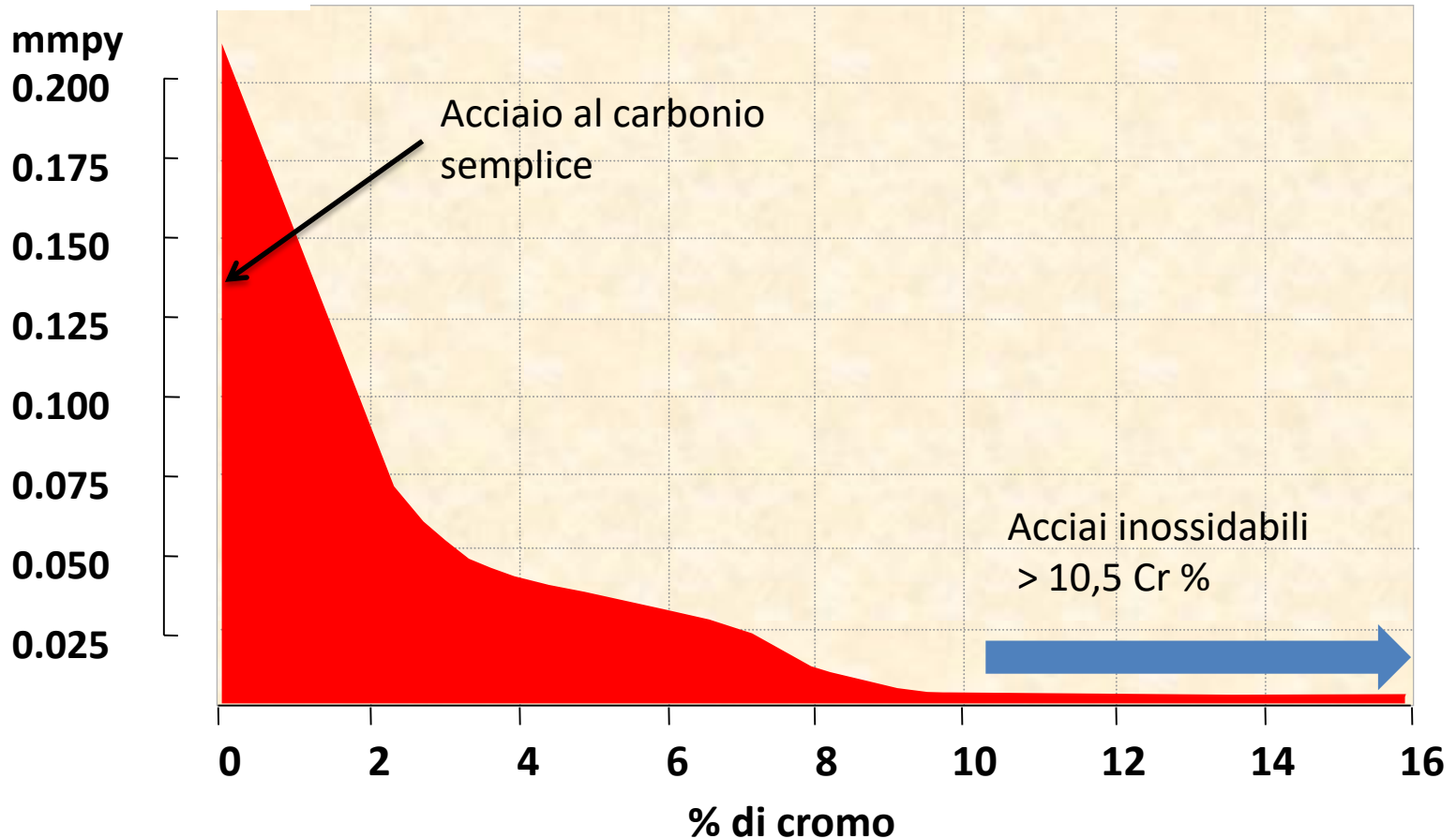
Acciaio dolce



3. Tipi di corrosione degli acciai inossidabili

Effetto del tenore di cromo sulla resistenza alla corrosione atmosferica (corrosione uniforme)

Percentuale di corrosione



Se il grado dell'acciaio inossidabile non è stato scelto correttamente, può verificarsi corrosione

...nessun materiale è perfetto!

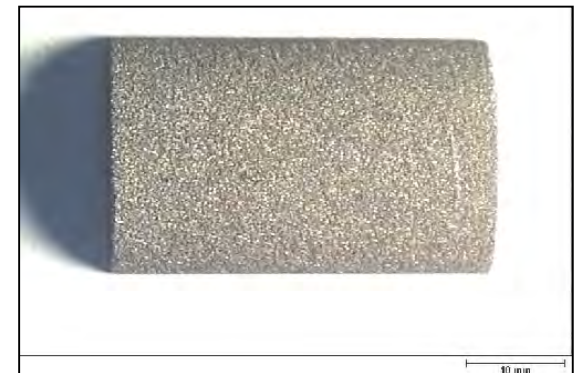
Pensate bene alla scelta del mezzo giusto per l'uso previsto

Tipi di corrosione sugli acciai inossidabili

- a) Uniforme
- b) Puntiforme
- c) Interstiziale
- d) Galvanica
- e) Intergranulare
- f) Rottura da tensocorrosione

a) Che cos'è la corrosione uniforme?

- Quando la pellicola passiva viene distrutta dall'ambiente aggressivo, l'intera superficie si corrode in modo uniforme e la perdita di metallo può essere espressa come $\mu\text{m}/\text{anno}$
- Questo fenomeno è tipico degli acciai al carbonio non protetti.
- Non riguarda invece gli acciai inossidabili nel settore edile, perché le condizioni di corrosione non sono mai così aggressive (solitamente occorre l'immersione negli acidi)



b) Che cos'è la corrosione puntiforme^{1,2,3,7}?

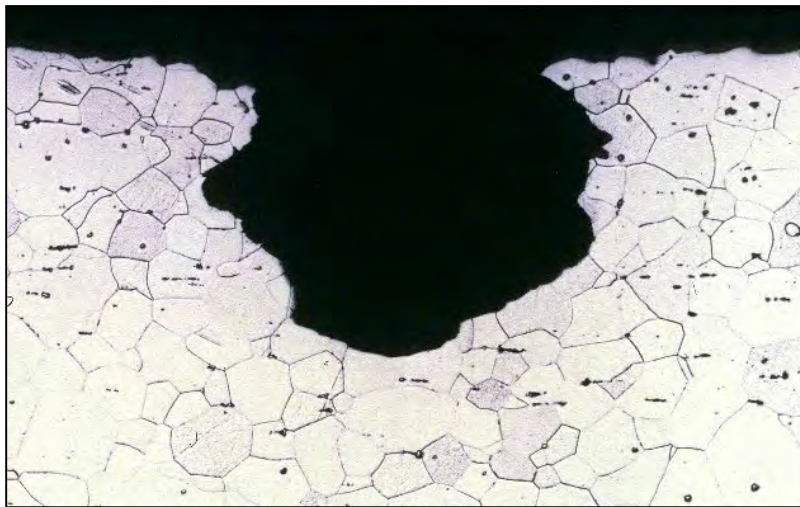
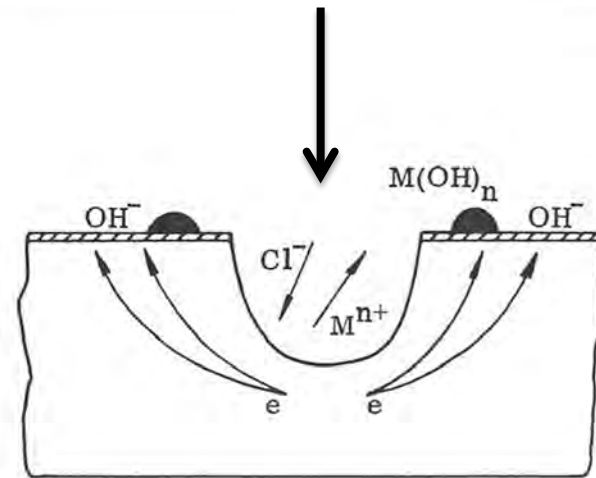
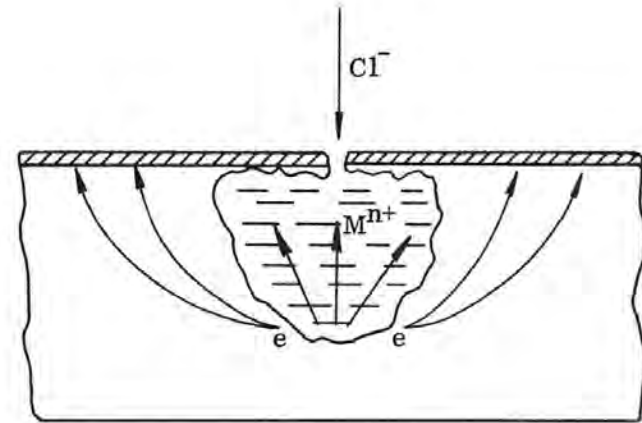
La corrosione puntiforme, detta anche corrosione per vaiolatura o per pitting, è una forma di corrosione estremamente localizzata che porta alla formazione di piccole cavità nel metallo.

Questa fotografia mostra la vaiolatura dell'acciaio inossidabile EN1.4310 (AISI 301) risultante dall'insufficiente resistenza alla corrosione in un ambiente clorato molto aggressivo.



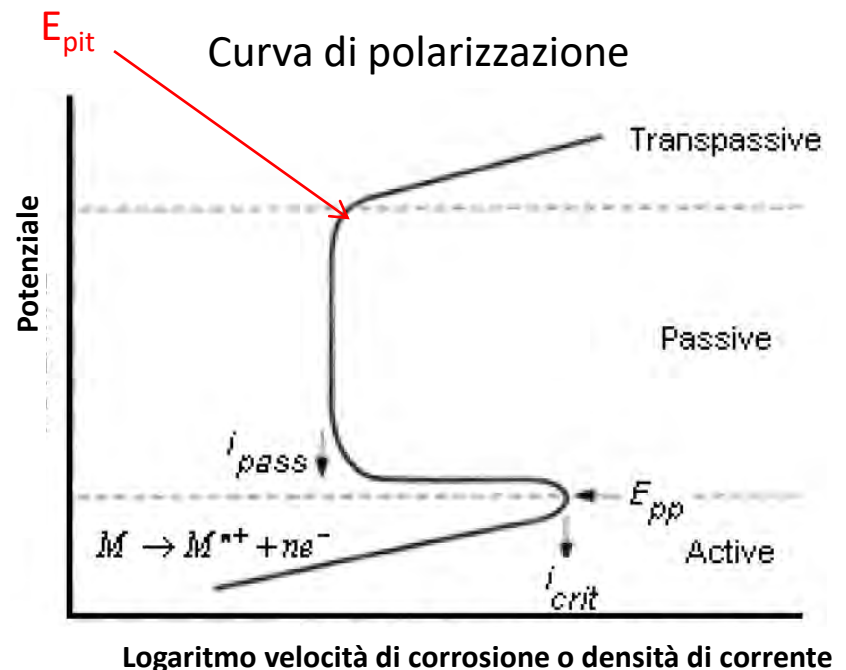
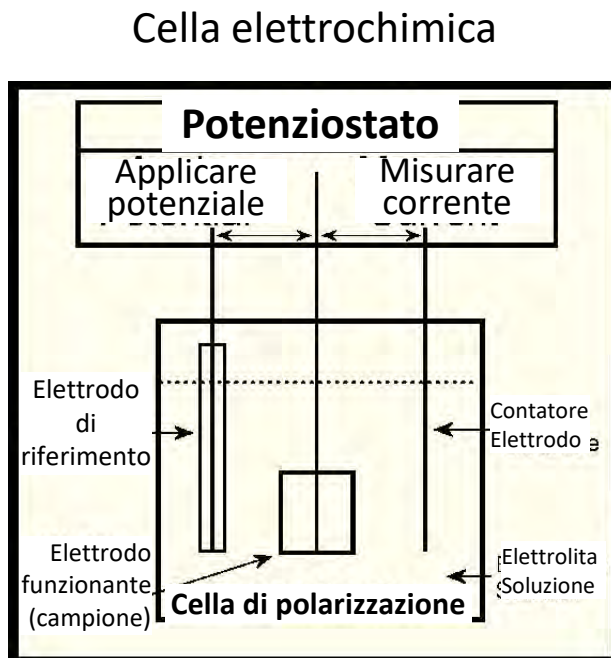
Meccanismi della corrosione puntiforme

1. Inizio su una superficie molto piccola con irregolarità o inclusioni non metalliche
2. Propagazione poiché le reazioni elettrochimiche nella cavità del vaiolo non sono bloccate da ripassivazione



La vaiolatura può essere riprodotta in una cella elettrochimica⁴

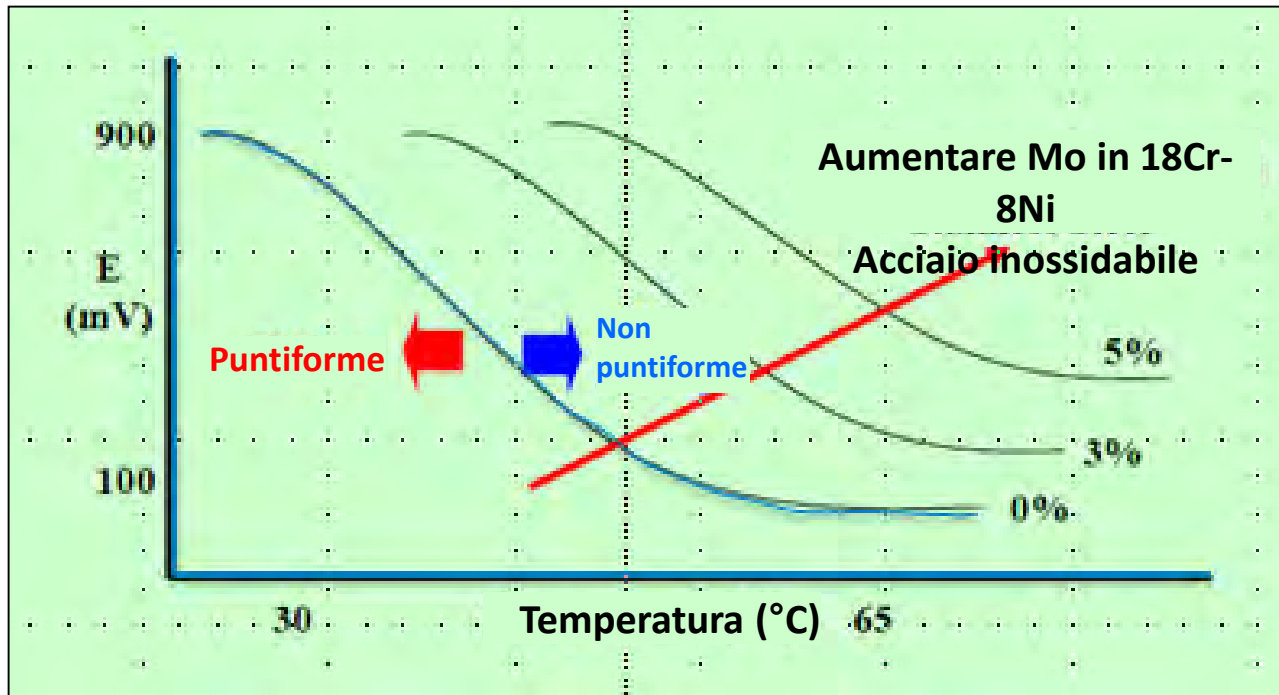
- La corrosione implica la dissoluzione del metallo, ossia un processo elettrochimico con
 - reazioni elettrochimiche sulla superficie del metallo e
 - una corrente tra il metallo corrosivo (anodo) e una parte catodica
- Questi processi possono essere simulati in una cella elettrochimica, un dispositivo che permette lo studio dei processi di corrosione



Principali fattori che influenzano la corrosione puntiforme¹

(il potenziale di vaiolatura E_{pit} è generalmente utilizzato come criterio per la vaiolatura)

1. Temperatura



L'aumento di temperatura riduce drasticamente la resistenza alla vaiolatura.

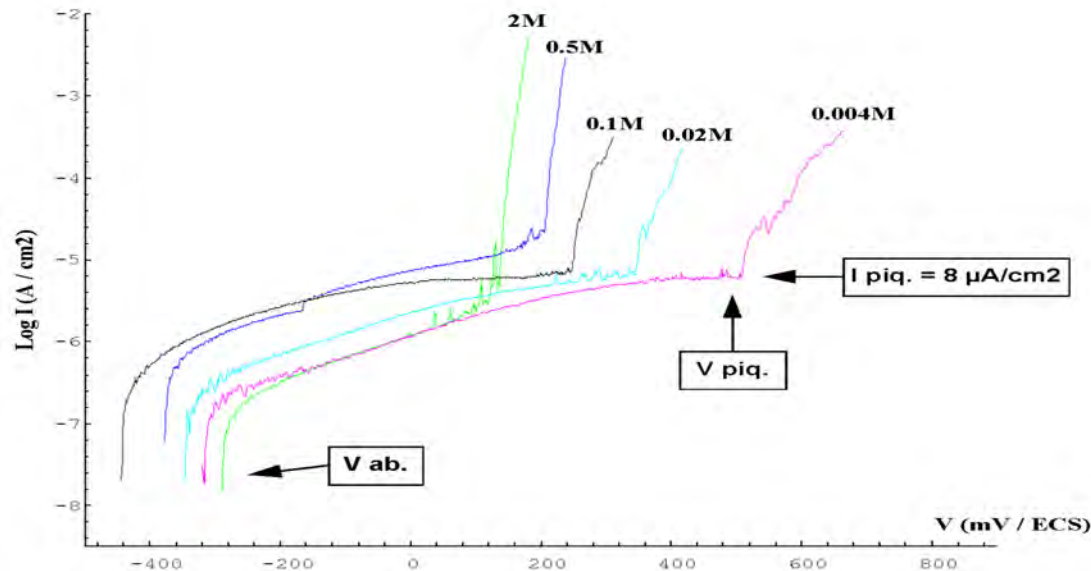
Principali fattori che influenzano la corrosione puntiforme⁵

(il potenziale di vaiolatura E_{pit} è generalmente utilizzato come criterio per la vaiolatura)

2. Concentrazione di cloruro

La resistenza alla vaiolatura diminuisce quando la concentrazione di Cl^- aumenta (il logaritmo della concentrazione di Cl^-)

$$E_{pit} = A \log [Cl^-] + B$$

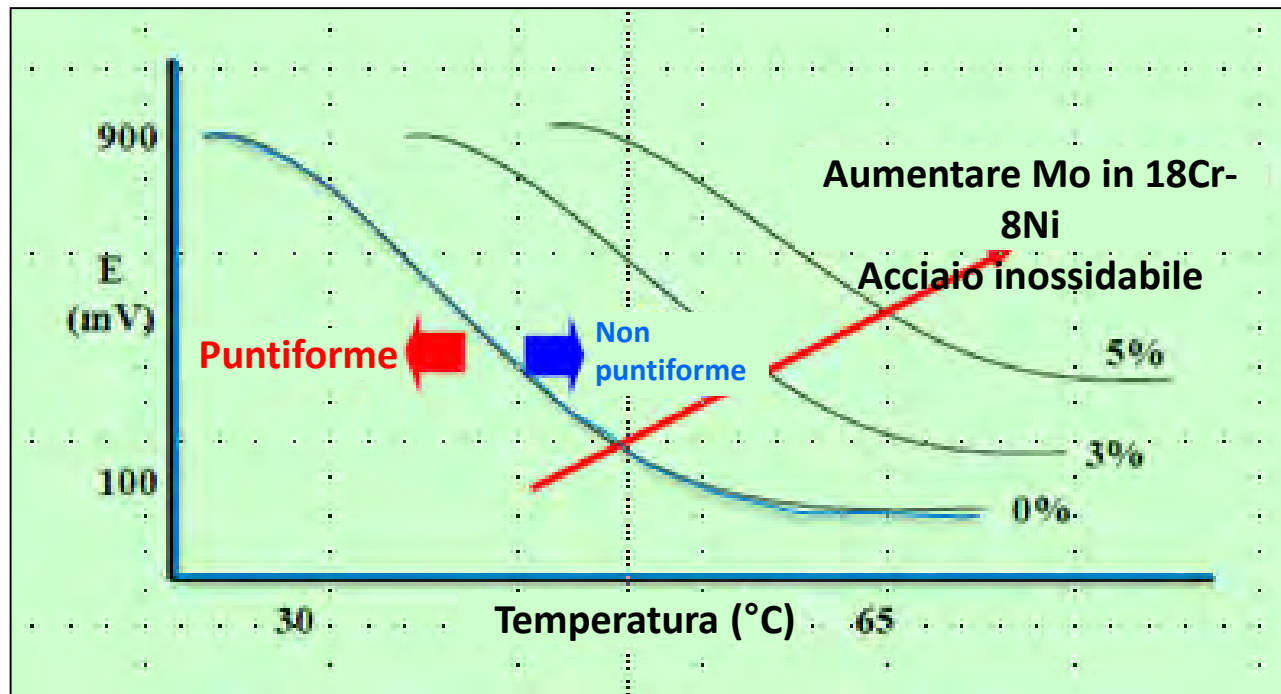


Principali fattori che influenzano la corrosione puntiforme¹

(il potenziale di vaiolatura E_{pit} è generalmente utilizzato come criterio per la vaiolatura)

2. Analisi dell'acciaio inossidabile

La resistenza alla vaiolatura aumenta in modo deciso con alcuni leganti: N, Mo, Cr



Il ruolo dei leganti è descritto dall'indice PREN (Pitting Resistance Equivalent Number, valore di resistenza equivalente al pitting)

Pitting Resistance Equivalent Number (PREN)⁶

- Calcolando il PREN è possibile confrontare la resistenza dei gradi di acciaio inossidabile rispetto alla vaiolatura. Maggiore è il valore, migliore sarà la resistenza.
- Ovviamente il PREN da solo non può essere utilizzato per prevedere se un grado specifico sarà adatto per una determinata applicazione

$PREN = Cr + 3,3Mo + 16N$, dove

Cr = tenore di cromo

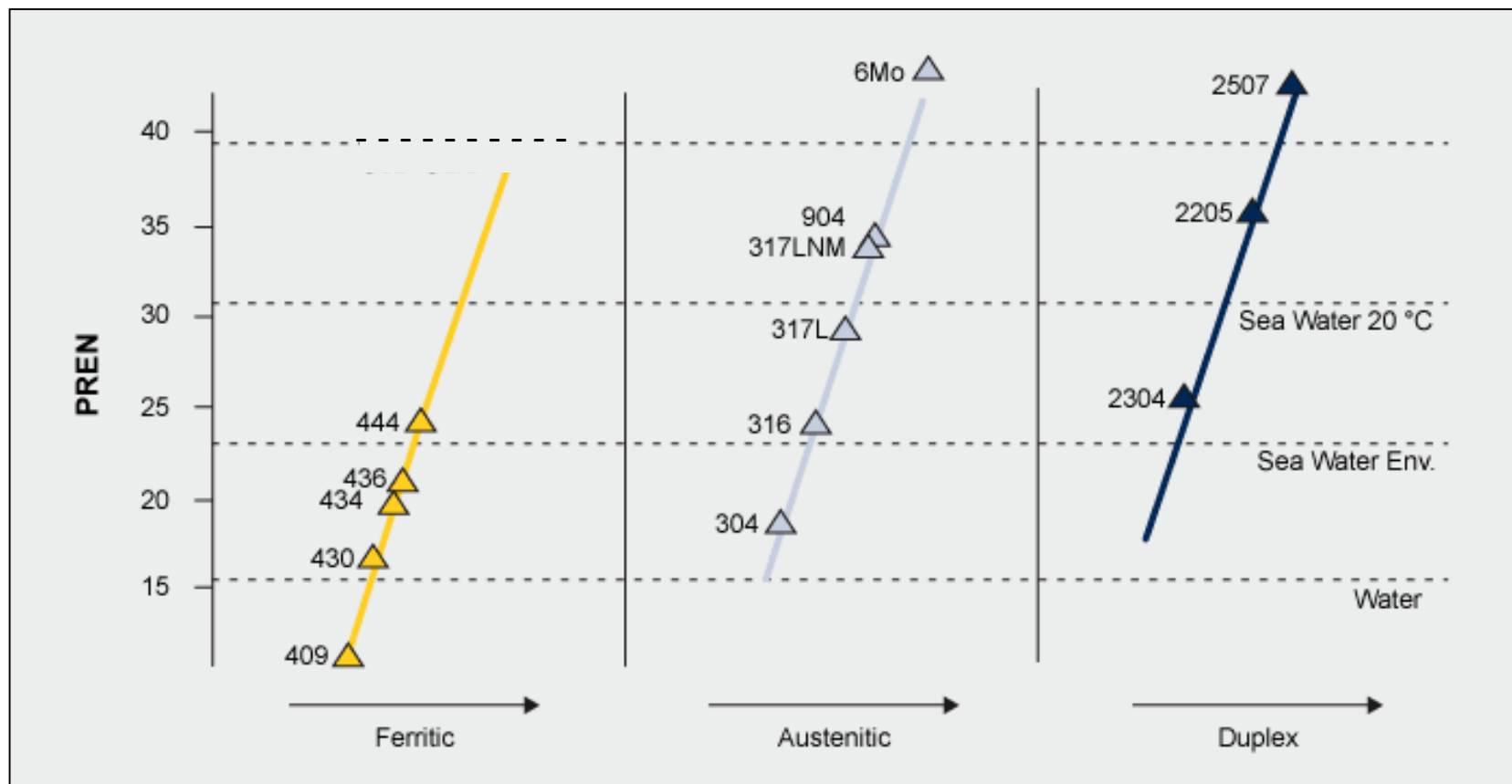
Mo = tenore di molibdeno

N = tenore di azoto

EN	AISI	PREN
1.4003	-	10.5 - 12.5
1.4016	430	16.0 - 18.0
1.4301	304	17.5 - 20.8
1.4311	304LN	19.4 - 23.0
1.4401/4	316/L	23.1 - 28.5
1.4406	316LN	25.0 - 30.3
1.4439	317L	31.6 - 38.5
1.4539	-	32.2 - 39.9
1.4362	-	23.1 - 29.2
1.4462	-	30.8 - 38.1
1.4410	-	40
1.4501	-	40

Si prega di notare che il PREN non prende in considerazione il nichel. La resistenza alla corrosione per pitting negli acciai inossidabili non dipende dal tenore di Ni. Vedere la prossima slide

PREN di alcuni gradi comuni⁹



La resistenza alla corrosione per pitting degli acciai inossidabili ferritici può essere uguale a quella degli acciai inossidabili austenitici type 304 e 316.

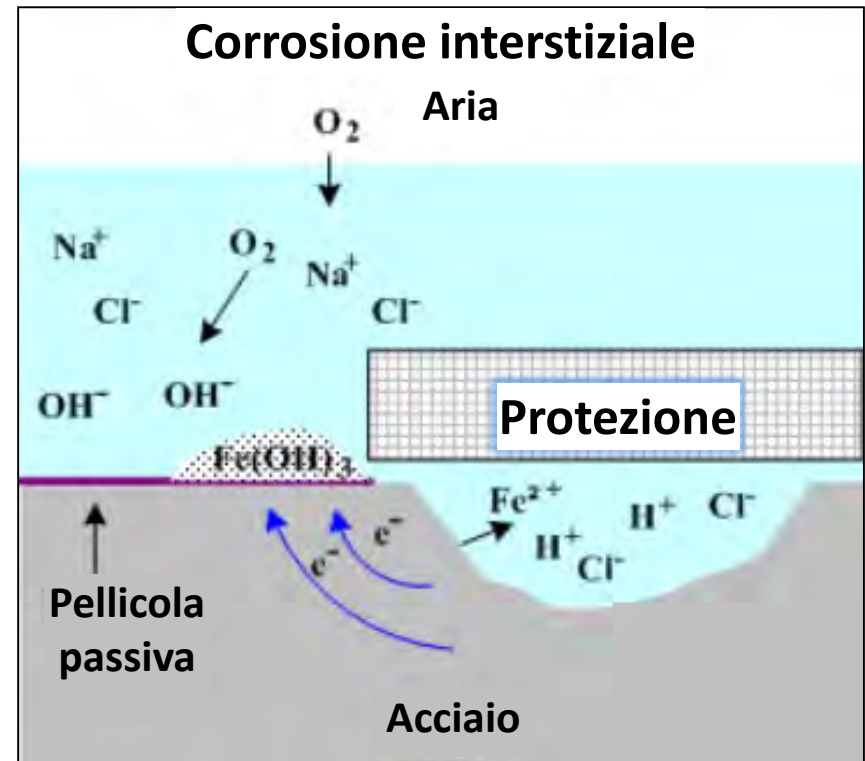
Nota: vedere l'appendice per le denominazioni delle norme EN

c) Che cos'è la corrosione interstiziale¹?

La corrosione interstiziale si riferisce alla corrosione che si verifica in spazi limitati dove l'accesso del fluido o dell'aria in servizio, dall'ambiente, è limitato. Questi spazi sono normalmente chiamati interstizi. Esempi di interstizi sono i vuoti e le aree di contatto tra le parti, sotto alle guarnizioni o tenute, all'interno di fessure e giunzioni, parti con depositi e sotto macchie di fango.

Meccanismo della corrosione interstiziale

- Inizialmente non esistono differenze tra la cavità e la superficie totale
- Poi le cose cambiano quando la cavità si impoverisce di ossigeno
- Nell'interstizio si verificano una serie di reazioni elettrochimiche che determinano l'aumento della concentrazione di Cl^- e la diminuzione del pH locale fino al punto in cui la passivazione non può più avere luogo
- Successivamente il metallo nell'interstizio subisce una corrosione uniforme



Temperatura critica di resistenza alla vaiolatura (CPT) Temperatura critica di corrosione interstiziale (CCT) di diversi gradi austenitici e duplex⁸

Nota: maggiore è la temperatura, minore sarà la resistenza alla corrosione

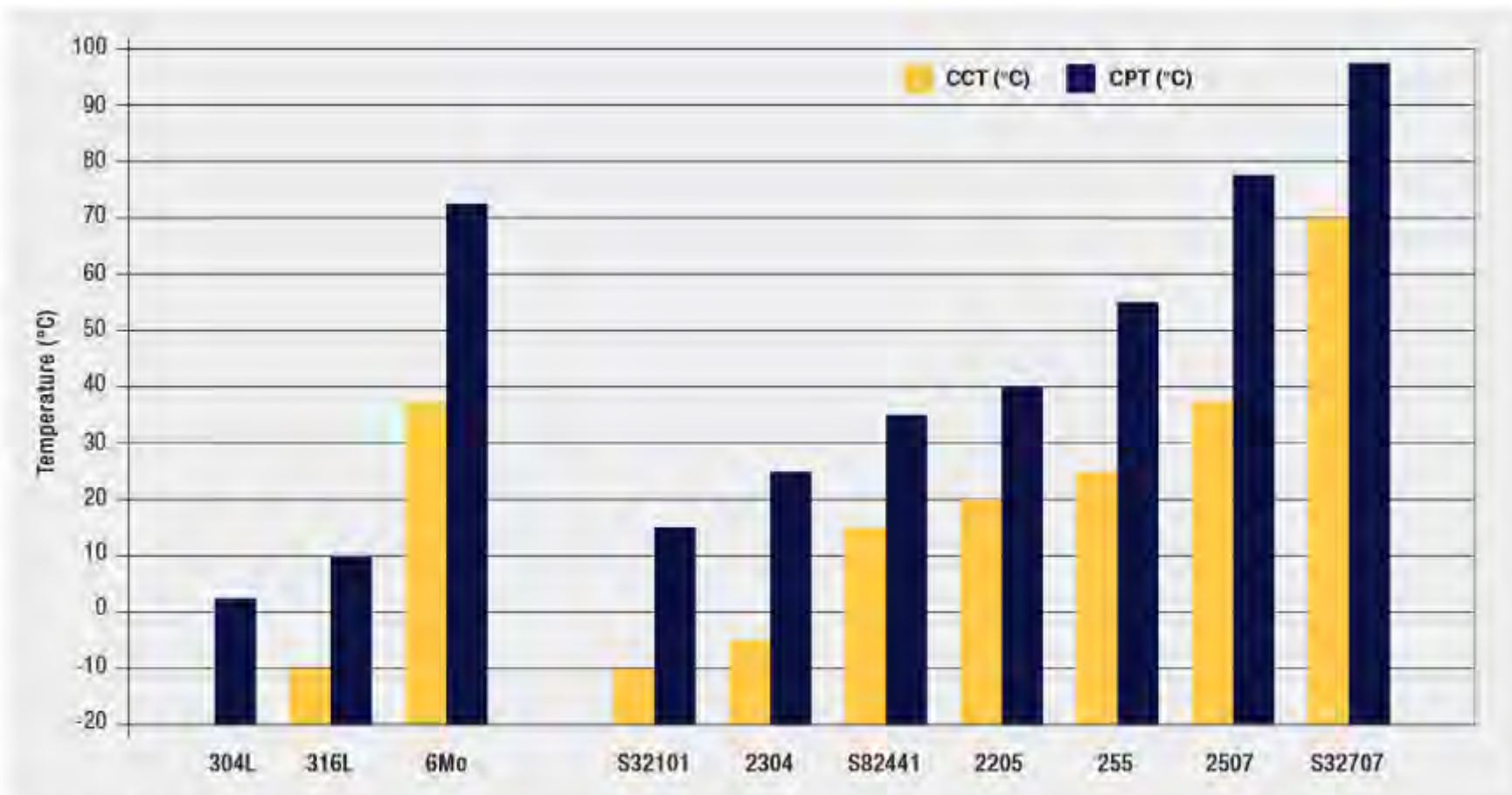


Figure 9: Critical pitting and crevice corrosion temperatures for unwelded austenitic stainless steels (left side) and duplex stainless steels (right side) in the solution annealed condition (evaluated in 6% ferric chloride by ASTM G 48).

Nota: vedere l'appendice per le denominazioni delle norme EN

Come evitare la corrosione interstiziale

1. Ottimizzare il design:
 - a) usare parti saldate.
 - b) Progettare canali per il drenaggio completo.
2. Pulire per rimuovere i depositi (laddove possibile)
3. Scegliere un acciaio inossidabile resistente alla corrosione adatto (vedere la parte 4 di questo capitolo)

d) Che cos'è la corrosione galvanica¹? (conosciuta anche con il nome di corrosione bimetallica)



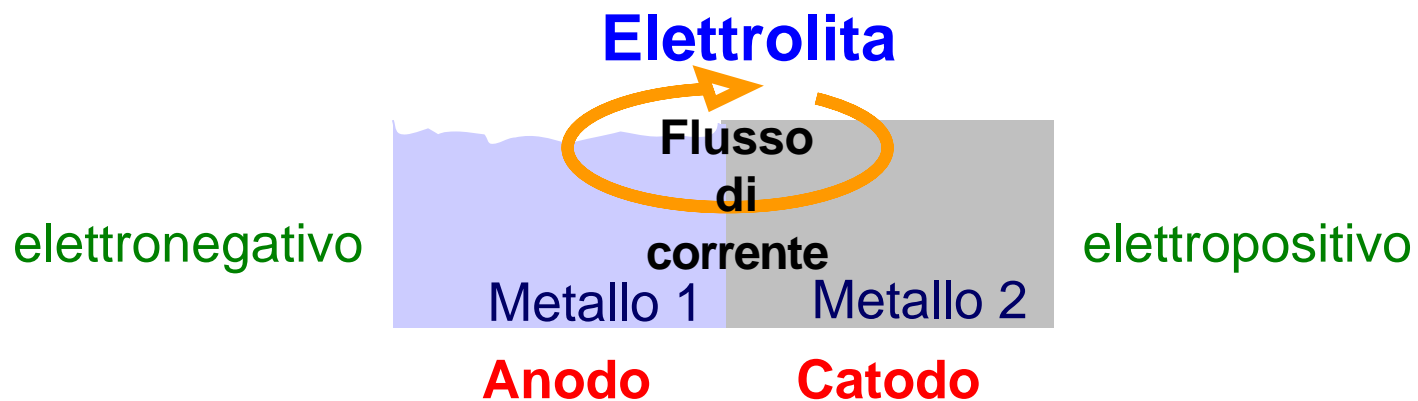
Corrosione che può verificarsi quando 2 metalli dal potenziale galvanico molto diverso sono a contatto.

Il metallo più anodico viene attaccato

Esempio sulla fotografia a sinistra: la lamiera in acciaio inossidabile era fissata a un vaso in acciaio inox per mezzo di bulloni di acciaio dolce: ne risulta la corrosione galvanica dei bulloni in presenza di umidità, (elettrolita)

Meccanismo della corrosione galvanica

- Ogni metallo ha un potenziale caratteristico se immerso in un elettrolita (misurato rispetto a un elettrodo di riferimento).
- Se 2 metalli sono in contatto con un liquido conduttore (l'umidità è sufficiente):
- e se i 2 metalli hanno potenziali molto diversi
- una corrente fluirà dal più elettronegativo (anodo) al più elettropositivo (catodo).
- Se l'area dell'anodo è piccola, la dissoluzione del metallo sarà evidente



Regole fondamentali su come evitare la corrosione galvanica

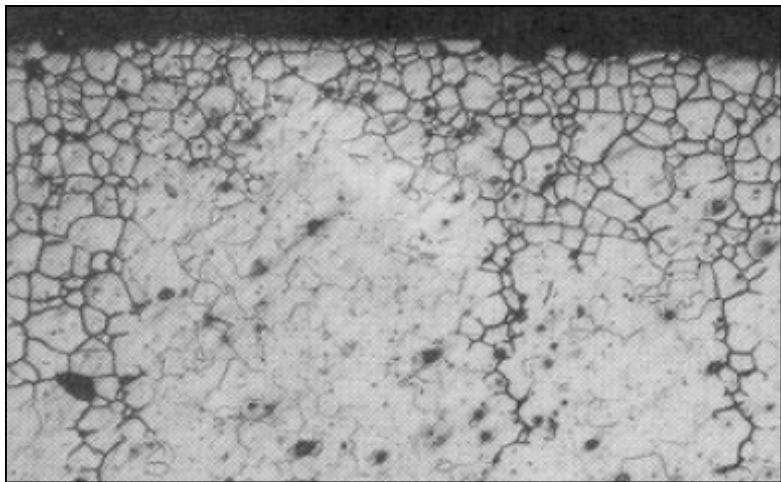
- Evitare situazioni con metalli non simili
- Se metalli non simili sono a contatto verificare che il metallo meno nobile (anodo) abbia una superficie molto maggiore rispetto al metallo più nobile (catodo)
- Esempi:
 - Usare dispositivi di fissaggio in acciaio inossidabile per i prodotti di alluminio (e mai dispositivi di fissaggio in alluminio per l'acciaio inox)
 - Lo stesso tra acciaio inossidabile e acciaio al carbonio

Nel calcestruzzo (alto pH) contaminato da cloruri, le barre in acciaio inossidabile **NON AUMENTANO SIGNIFICAMENTE** il tasso di corrosione delle barre in acciaio al carbonio per via dell'accoppiamento galvanico.

I riferimenti sono riportati su www.stainlesssteelrebar.org

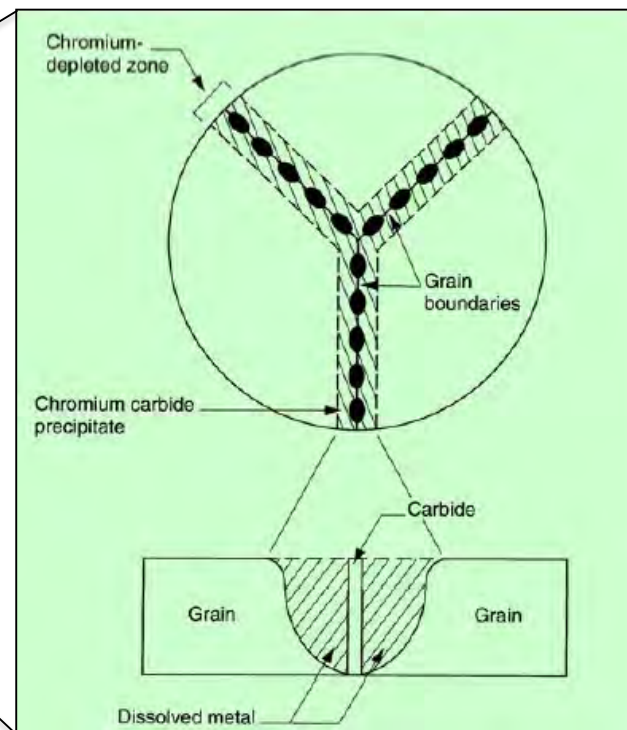
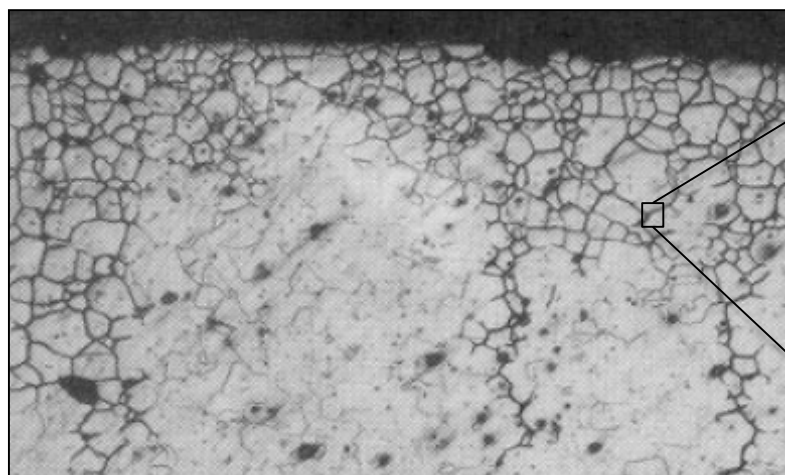
e) Che cos'è la corrosione intergranulare¹?

L'attacco intergranulare è provocato dalla formazione di carburi di cromo $(Fe,Cr) C_6 M_{23}$ in corrispondenza dei bordi dei grani, riducendo il tenore di cromo e la stabilità dello strato passivo.



Nelle micrografie sopra, i campioni di acciai inossidabili sono stati lucidati e poi attaccati chimicamente con un mezzo acido forte. La rete di righe nere corrisponde a un forte attacco chimico dei bordi dei grani che presentano una resistenza alla corrosione molto inferiore rispetto ai grani stessi.

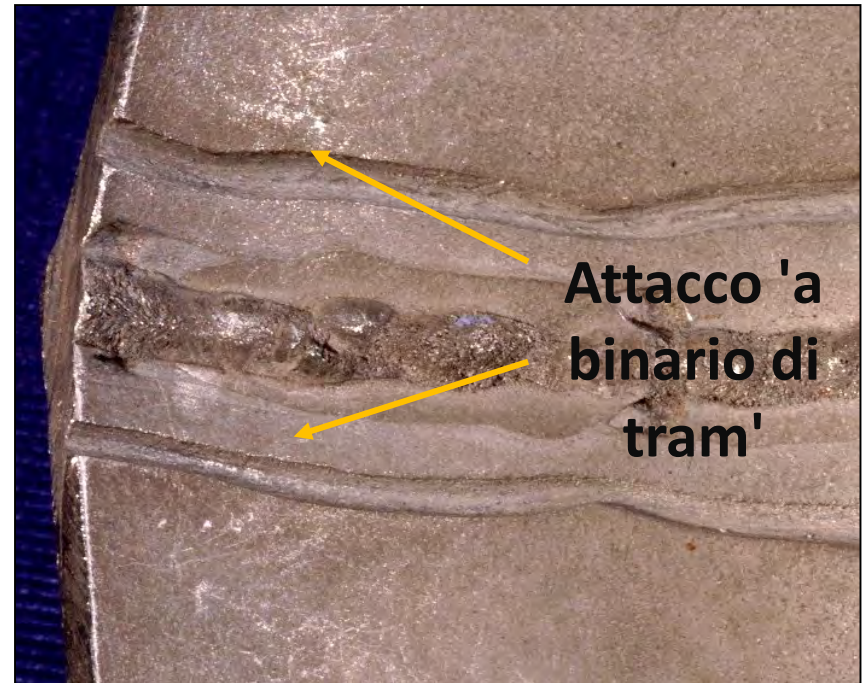
Vista schematica dell'impoverimento in Cr in corrispondenza dei bordi dei grani



Quando si verifica la corrosione intergranulare?

- Gli acciai inossidabili lavorati in modo adeguato non sono inclini a CI
- Può verificarsi nell'area interessata dal calore di una saldatura (qualsiasi lato del cordone di saldatura) se
 - il tenore di carbonio è elevato
 - e l'acciaio non è stabilizzato (da Ti, Nb, Zr * che “catturano” il carbonio nella matrice, rendendolo indisponibile per i carburi al bordo dei grani)

* Questo è il motivo per cui esistono gradi contenenti Ti e/o Nb e/o Zr, gradi qualificati come “stabilizzati”



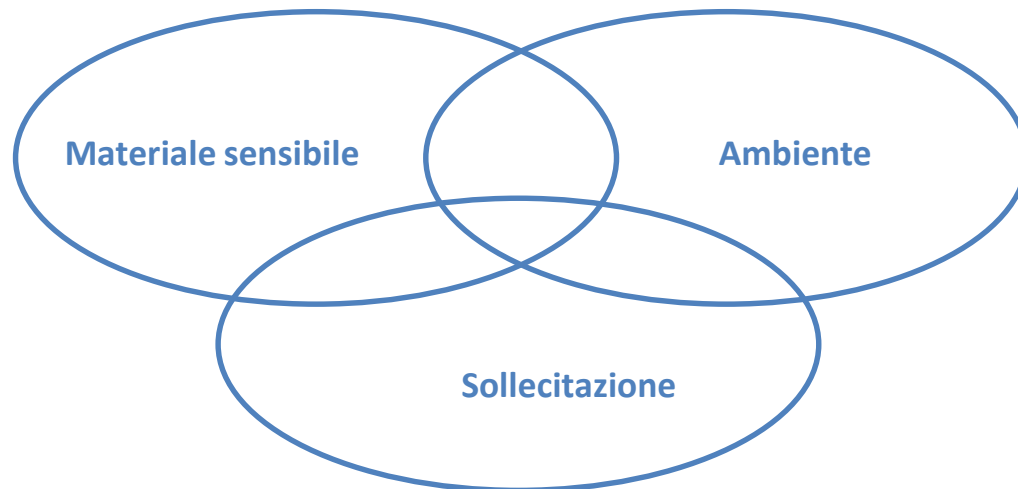
Decadimento della saldatura

Come evitare la corrosione intergranulare

- Usare gradi bassi di carbonio, inferiori a 0,03% per gli austenitici
- O usare i gradi stabilizzati per i ferritici e gli austenitici
- O, agli austenitici, applicare un trattamento di ricottura (a 1050°C tutti i carburi sono dissolti) seguito da raffreddamento rapido. (Tuttavia, si tratta solitamente di una soluzione poco utilizzabile).

f) Che cos'è la rottura da tensocorrosione¹ (SCC)?

- L'improvvisa fessurazione e il guasto di un componente senza deformazione.
- Può verificarsi se
 - La parte è sollecitata (da un carico applicato o da una tensione residua)
 - L'ambiente è aggressivo (elevato livello di cloruri, temperature oltre 50°C)
 - L'acciaio inossidabile non ha una sufficiente resistenza a SCC

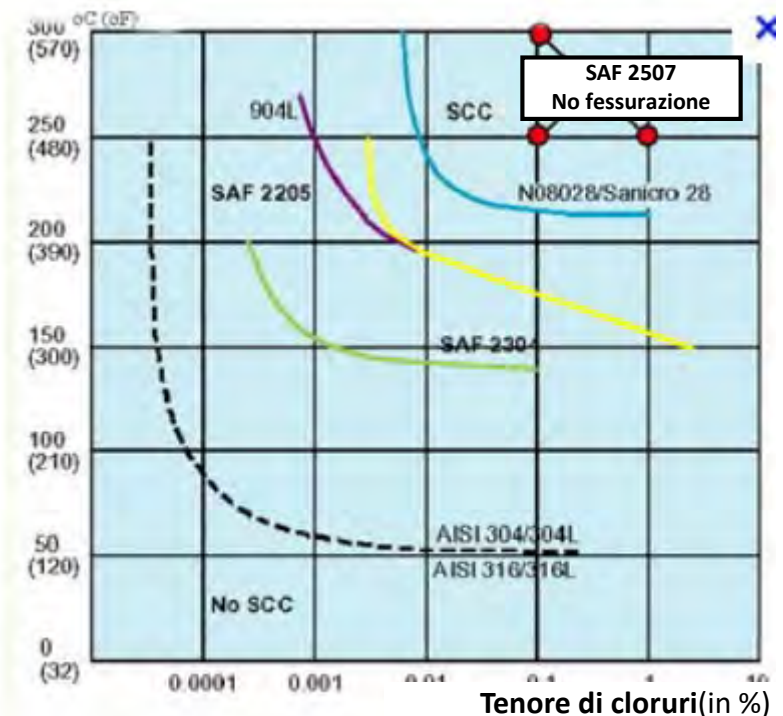


Gli acciai inossidabili ferritici e duplex (ossia ferritici-austenitici) sono immuni a SCC

Meccanismo della rottura da tensocorrosione (SCC)

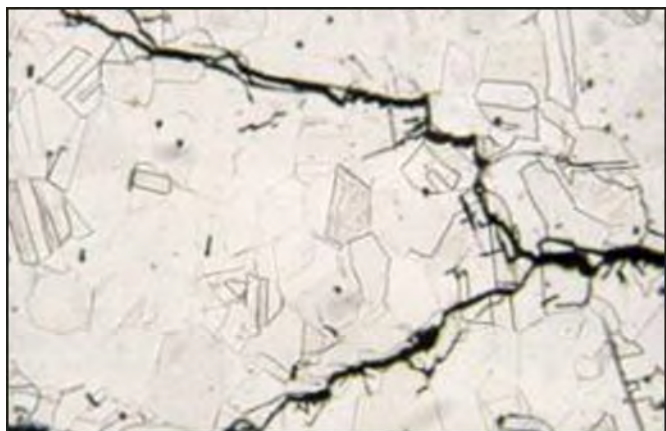
L'azione combinata di condizioni ambientali (cloruri/temperatura elevata) e sollecitazione - sia essa applicata, residua o di entrambi i tipi scatena la seguente sequenza di eventi:

1. Si manifesta la vaiolatura
2. Le fessurazioni cominciano da un punto toccato da vaiolatura
3. Le fessurazioni si propagano successivamente attraverso il metallo in modalità transgranulare o intergranulare.
4. Si verifica la rottura



Nota: vedere l'appendice per le denominazioni delle norme EN

Evitare la SCC - due opzioni



Il cloruro induce la rottura da tensocorrosione negli acciai inossidabili austenitici standard, cioè 1.4301/304 o 1.4401 /316

+Ni
+Mo

1.4539
1.4547 (6Mo)

+Cr

Scegliere gradi duplex, prezzo più stabile (meno nichel)

1.4462
1.4410
1.4501

Scegliere acciai inossidabili austenitici con tenore elevato di Ni e Mo (elevata resistenza alla corrosione)

Gli acciai inossidabili ferritici e duplex sono immuni al fenomeno di tensocorrosione – stress corrosion cracking – (perché la matrice ferritica, diversamente da quella austenitica, non è sensibile a questo tipo di corrosione). Per maggiori informazioni su questi tipi di acciai vedere il Modulo 04

4. Come scegliere l'acciaio inossidabile giusto per una resistenza alla corrosione adeguata

Due situazioni diverse:

1. Applicazioni strutturali ^{10a}
2. Altre applicazioni ^{10b}

4 - 1 Applicazioni strutturali

L'Eurocodice 1-4 fornisce una procedura per scegliere un grado adeguato di acciaio inossidabile per l'ambiente di servizio degli elementi strutturali. (Notare che attualmente - ossia nov. 2014 - le raccomandazioni dell'Evolution Group per EN 1993-1-4 non sono ancora state applicate)

Questa procedura sarà descritta nelle prossime slide

È applicabile a:

- Elementi portanti
- Uso esterno
- Ambienti senza frequente immersione in acqua marina
- pH compreso tra 4 e 10
- Esposizione al flusso dell'agente aggressivo

Come funziona la procedura

1. L'ambiente è valutato mediante un fattore di resistenza alla corrosione (CRF) costituito da 3 componenti ($CRF = F1 + F2 + F3$) dove
 - a) F1 giudica il rischio di esposizione ai cloruri dell'acqua salata o dei sali antighiaccio
 - b) F2 giudica il rischio di esposizione al biossido di zolfo
 - c) F3 giudica il regime di pulizia o l'esposizione al lavaggio con la pioggia
2. Una tabella corrispondente indica la classe CRC corrispondente a una determinata CRF
3. I gradi dell'acciaio inossidabile sono collocati nelle classi di resistenza alla corrosione (CRC) da I a V a seconda del valore CRF

Le tabelle saranno mostrate nelle prossime 4 slide

F₁ Rischio di esposizione al Cl (acqua salata o sali antighiaccio)

Nota: M è la distanza dal mare e S è la distanza dalle strade con sali antighiaccio

1	Ambiente controllato internamente	
0	Rischio di esposizione basso	M > 10 km or S > 0.1 km
-3	Rischio di esposizione medio	1 km < M ≤ 10 km or 0.01 km < S ≤ 0.1 km
-7	Rischio di esposizione alto	0.25 km < M ≤ 1 km or S ≤ 0.01 km
-10	Rischio di esposizione altissimo Gallerie stradali in cui si usa il sale antighiaccio o dove i veicoli portano sali antighiaccio nella galleria	
-10	Rischio di esposizione altissimo Costa del Mare del Nord, Germania Tutte le aree costiere del Baltico	M ≤ 0.25 km
-15	Rischio di esposizione altissimo Linea costiera atlantica di Portogallo, Spagna, Francia Costiera di Regno Unito, Francia, Belgio, Paesi Bassi, Svezia meridionale Tutte le altre aree costiere del Regno Unito, Norvegia, Danimarca e Irlanda Costa mediterranea	M ≤ 0.25 km

F₂ Rischio di esposizione al biossido di zolfo

Nota: per gli ambienti costieri europei il valore del biossido di zolfo è solitamente basso. Per gli ambienti lontani dalla costa il valore di biossido di zolfo è basso o medio. La classificazione 'alto' è insolita e associata a località industriali particolarmente intense o ambienti specifici come ad esempio gallerie stradali. La deposizione di biossido di zolfo può essere valutata con il metodo descritto nella ISO 9225.

0	Rischio di esposizione basso	(<10 µg/m ³ deposizione media)
-5	Rischio di esposizione medio	(10 – 90 µg/m ³ deposizione media)
-10	Rischio di esposizione alto	(90 – 250 µg/m ³ deposizione media)

F₃ Regime di pulizia o esposizione al lavaggio con la pioggia

(se F₁ + F₂ = 0, quindi F₃ = 0)

0	Completamente esposto al lavaggio con la pioggia
-2	Regime di pulizia specificato
-7	Nessun lavaggio con la pioggia o nessuna pulizia specificata







Tabella delle corrispondenze

Tabella A.2: Determinazione della classe di resistenza alla corrosione CRC	
Fattore di resistenza alla corrosione (CRF)	Classe di resistenza alla corrosione (CRC)
$CRF = 1$	I
$0 \geq CRF > -7$	II
$-7 \geq CRF > -15$	III
$-15 \geq CRF \geq -20$	IV
$CRF < -20$	V

Classi di resistenza alla corrosione degli acciai inossidabili

Tabella A.3: gradi in ogni classe di resistenza alla corrosione (CRC)

	Classe di resistenza alla corrosione CRC			
I	II	III	IV	V
1.4003	1.4301	1.4401	1.4439	1.4565
1.4016	1.4307	1.4404	1.4539	1.4529
1.4512	1.4311	1.4435	1.4462	1.4547
	1.4541	1.4571		1.4410
	1.4318	1.4429		1.4501
	1.4306	1.4432		1.4507
	1.4567	1.4578		
	1.4482	1.4662		
		1.4362		
		1.4062		
		1.4162		

	Ferritici		Austenitici standard		Austenitici Mo
	Duplex semplice		Austenitici super		Duplex/super duplex

Note: vedere l'appendice per le denominazioni delle norme EN
Questo non si applica alle piscine

4 -2 Altre applicazioni

- Non sono applicabili altri regolamenti specifici
- La scelta del grado deve essere adeguata alle prestazioni attese
- Tre modi per farlo:
 - Chiedere a un esperto
 - Chiedere aiuto alle associazioni per lo sviluppo dell'acciaio inossidabile
 - Trovare casi di successo con ambienti simili (solitamente disponibili)

Guida alla scelta del grado per l'architettura¹⁰

Attenzione: NON applicabile quando

- L'aspetto non conta
- L'integrità strutturale è la preoccupazione principale (passare a 4 – 1)

Come funziona la procedura

- È necessario calcolare un punteggio di valutazione
- Per ogni punteggio viene fornita una lista di gradi di acciaio inossidabile consigliati

Criteri utilizzati per il punteggio di valutazione (vedere le prossime slide):

- i. Inquinamento ambientale
- ii. Esposizione costiera o esposizione ai sali antighiaccio
- iii. Modello del meteo locale
- iv. Considerazioni per la progettazione
- v. Programma di manutenzione

i. Inquinamento ambientale

Punti	
	Rurale
0	Inquinamento assente o molto basso
	Inquinamento urbano (industria leggera, scarichi delle auto)
0	Basso
2	Moderato
3	Alto *
	Inquinamento industriale (gas aggressivi, ossidi di ferro, sostanze chimiche ecc.)
3	Basso o moderato
4	Alto *

* Una località potenzialmente altamente corrosiva. Far valutare il sito da un esperto di acciaio inossidabile.

ii. A) Esposizione costiera

Punti	
	Esposizione costiera o al sale marino
1	Bassa (>1,6 -16 km (1 - 10 miglia) dall'acqua salata) **
3	Moderata (30m - 1,6 km (100 piedi - 1 miglio) dall'acqua salata)
4	Alta (<30m (100 piedi) dall'acqua salata)
5	Marina (alcuni spruzzi di sale o ondate occasionali) *
8	Fortemente marina (ondate continue) *
10	Fortemente marina (immersione continua) *

* Una località potenzialmente altamente corrosiva. Far valutare il sito da un esperto di corrosione dell'acciaio inossidabile.

** Questo intervallo indica la distanza a cui si trovano solitamente i cloruri da corpi d'acqua salata. Alcune località di questo tipo sono esposte ai cloruri ma altre non lo sono.

ii. B) Esposizione ai sali antighiaccio

Punti	
	Esposizione ai sali antighiaccio (distanza dalla strada o dal terreno)
0	Non è stata rilevata la presenza di sale nel campione prelevato dal sito e non si attendono cambiamenti delle condizioni di esposizione.
0	I livelli di traffico e vento sulle strade vicine sono troppo bassi per trasportare cloruri nel sito e sui marciapiedi non sono presenti sali antighiaccio
1	Esposizione al sale molto bassa (≥ 10 m - 1 km (33 - 3.280 piedi) o 3 - 60 piani) **
2	Esposizione al sale bassa ($< 10 - 500$ m (33 - 1600 piedi) oppure 2 - 34 piani) **
3	Esposizione al sale moderata ($< 3 - 100$ m (10 - 328 piedi) oppure 1 - 22 piani) **
4	Esposizione al sale alta ($< 2 - 50$ m (6,5 - 164 piedi) oppure 1 - 3 piani) * **

* Una località potenzialmente altamente corrosiva. Far valutare il sito da un esperto di corrosione dell'acciaio inossidabile.

** Questo intervallo indica la distanza alla quale è stata rilevata la concentrazione di cloruro dalle strade rurali e da quelle altamente trafficate. Controllare le concentrazioni di cloruro superficiali.

Nota: in presenza di esposizione costiera e di sali antighiaccio, consultare un esperto

iii. Modello del meteo locale

Punti	
-1	Clima freddo o temperato, forti piogge abituali
-1	Clima caldo o freddo con umidità tipicamente inferiore a 50%
0	Clima freddo o temperato, forti piogge occasionali
0	Tropicale o subtropicale, umido, piogge molto forti stagionali o regolari
1	Clima temperato, pioggia non frequente, umidità superiore a 50%
1	Pioggerellina regolare o nebbia frequente
2	Caldo, umidità superiore a 50%, precipitazioni molto scarse o assenti ***

*** In presenza di esposizione al sale o all'inquinamento, far valutare il sito a un esperto di corrosione dell'acciaio inossidabile.

iv. Considerazioni per la progettazione

Punti	
0	Marcatamente esposto per una facile pulizia con la pioggia
0	Superfici verticali con fibratura diritta o nessun grano di finitura
-2	La finitura superficiale è decapata, con lucidatura elettrolitica o ruvidità $\leq R_a 0,3 \mu\text{m}$ ($12\mu\text{in}$)
-1	Ruvidità della finitura superficiale $R_a 0,3 \mu\text{m}$ ($12\mu\text{in}$) $< X \leq R_a 0,5 \mu\text{m}$ ($20\mu\text{in}$)
1	Ruvidità della finitura superficiale $R_a 0,5 \mu\text{m}$ ($20\mu\text{in}$) $< X \leq R_a 1 \mu\text{m}$ ($40\mu\text{in}$)
2	Ruvidità della finitura superficiale $> R_a 1 \mu\text{m}$ ($40\mu\text{in}$)
1	Posizione riparata o interstizi non sigillati ***
1	Superfici orizzontali
1	Orientamento orizzontale del grano della finitura

*** In presenza di esposizione al sale o all'inquinamento, far valutare il sito a un esperto di corrosione dell'acciaio inossidabile.

Circa la rugosità (Ra): http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/RoughnessMeasurement_EN.pdf

La tabella mostra che la resistenza alla corrosione dipende anche dalla finitura superficiale. Per maggiori informazioni sulle finiture disponibili vedere il Modulo 08

v. Programma di manutenzione

Punti	
0	Non lavato
-1	Lavato almeno naturalmente
-2	Lavato quattro o più volte l'anno
-3	Lavato almeno una volta al mese

Sistema di assegnazione del punteggio per la scelta dell'acciaio inossidabile

Punteggio totale	Scelta dell'acciaio inossidabile
da 0 a 2	Il tipo 304/304L è generalmente la scelta più economica
3	Il tipo 316/316L o 444 è generalmente la scelta più economica
4	È consigliato il tipo 317L o un acciaio inossidabile più resistente alla corrosione
≥ 5	Potrebbe essere necessario un acciaio inossidabile più resistente alla corrosione come ad esempio 4462, 317LMN, 904L, super duplex, super ferritico o un acciaio inossidabile super austenitico con 6% di molibdeno

Nota: vedere l'appendice per le denominazioni delle norme EN

La corretta scelta del tipo di acciaio inossidabile da impiegare porta ad una lunga durata in servizio del materiale, senza necessità di manutenzione, con un basso costo del ciclo di vita ed una eccellente sostenibilità. Per maggiori informazioni vedere il Modulo 11

Conclusione

- La scelta corretta del grado di acciaio inossidabile giusto per l'applicazione e l'ambiente merita attenzione.
- Una volta effettuata questa scelta, l'acciaio inossidabile fornirà una durata in servizio illimitata senza manutenzione.

Nel [Modulo 2](#) è presente un'ampia gamma di applicazioni di successo con protagonista l'acciaio inossidabile e nel [Modulo 1](#) è rappresentata "l'arte senza tempo", a livello globale.

5. Riferimenti

1. Un corso eccellente sulla corrosione. Vedere i capitoli 7 (Galvanic Corrosion), 8 (intergranular corrosion), 11 (crevice corrosion) 12 (pitting) 14 (Stress corrosion cracking) e 15 (stress corrosion cracking of stainless steels) Fonte originale: <http://corrosion.kaist.ac.kr> Download disponibile da: http://www.worldstainless.org/Files/issf/Education_references/Zrefs_on_corrosion.zip
2. Alcune nozioni fondamentali sulla corrosione a cura del NACE <http://corrosion-doctors.org/Corrosion-History/Course.htm#Scope>
3. Un corso online sulla corrosione http://www.corrosionclinic.com/corrosion_online_lectures/ME303L10.HTM#top
4. Informazioni sui controlli elettrochimici <http://mee-inc.com/esca.html>
5. Ugitech: comunicazione privata
6. Sito web BSSA (British Stainless Steel Association) "Calculation of pitting resistance equivalent numbers (PREN)" <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=111>
7. Sulla corrosione puntiforme https://kb.osu.edu/dspace/bitstream/handle/1811/45442/FrankelG_JournalElectrochemicalSociety_1998_v145n6_p2186-2198.pdf?sequence=1
8. http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/Duplex_Stainless_Steel_3rd_Edition.pdf
9. <http://www.imoa.info/molybdenum-uses/molybdenum-grade-stainless-steels/steel-grades.php>
10. http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/IMOA_Houska-Selecting_Stainless_Steel_for_Optimum_Performance.pdf
11. http://en.wikipedia.org/wiki/Galvanic_corrosion
12. <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=668>
13. http://www.stainless-steel-world.net/pdf/SSW_0812_duplex.pdf
14. <http://www.outokumpu.com/en/stainless-steel/grades/duplex/Pages/default.aspx>
15. http://www.aperam.com/uploads/stainlesseurope/TechnicalPublications/Duplex_Maastricht_EN-22p-7064Ko.pdf
16. <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=606>
17. a) Composizione chimica dei prodotti piani in acciaio inossidabile per impieghi generali secondo la norma EN 10088-2: <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=44> b) Composizione chimica dei prodotti lunghi in acciaio inossidabile per impieghi generali secondo la norma EN 10088-3: <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=46>

Appendice: Denominazioni¹⁷

EN Designation		Alternative Designations			
Steel name	Steel number	AISI	UNS	Other US	Generic/ Brand
Ferritic stainless steels - standard grades					
X2CrNi12	1.4003		S40977		3CR12
X2CrTi12	1.4512	409	S40900		
X6CrNiTi12	1.4516				
X6Cr13	1.4000	410S	S41008		
X6CrAl13	1.4002	405	S40500		
X6Cr17	1.4016	430	S43000		
X3CrTi17	1.4510	439	S43035		
X3CrNb17	1.4511	430N			
X6CrMo17-1	1.4113	434	S43400		
X2CrMoTi18-2	1.4521	444	S44400		
Martensitic stainless steels - standard grades					
X12Cr13	1.4006	410	S41000		
X20Cr13	1.4021	420	S42000		
X30Cr13	1.4028	420	S42000		
X3CrNiMo13-4	1.4313		S41500	F6NM	
X4CrNiMo16-5-1	1.4418				248 SV
Martensitic and precipitation-hardening steels - special grades					
X5CrNiCuNb16-4	1.4542		S17400		17-4 PH

EN Designation		Alternative Designations			
Steel name	Steel number	AISI	UNS	Other US	Generic/ Brand
Austenitic stainless steels - standard grades					
X10CrNi18-8	1.4310	301	S30100		
X2CrNi18-9	1.4307	304L	S30403		
X2CrNi19-11	1.4306	304L	S30403		
X2CrNiN18-10	1.4311	304LN	S30453		
X5CrNi18-10	1.4301	304	S30400		
X6CrNiTi18-10	1.4541	321	S32100		
X4CrNi18-12	1.4303	305	S30500		
X2CrNiMo17-12-2	1.4404	316L	S31603		
X2CrNiMoN17-11-2	1.4406	316LN	S31653		
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	316	S31600		
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	316Ti	S31635		
X2CrNiMo17-12-3	1.4432	316L	S31603		
X2CrNiMo18-14-3	1.4435	316L	S31603		
X2CrNiMoN17-13-5	1.4439	317L			
X1NiCrMoCu25-20-5	1.4539		N08904		904L
Austenitic-ferritic stainless steels-standard grades					
X2CrNiN22-2	1.4062		S32202		DX 2202
X2CrMnNiMoN21-5-3	1.4482		S32001		
X2CrMnNiN21-5-1	1.4162		S32101		2101 LDX
X2CrNiN23-4	1.4362		S32304		2304
X2CrNiMoN12-5-3	1.4462		S31803/ S32205	F51	2205

Nota: questa è una tabella semplificata. Per gradi speciali, vedere il riferimento 17.

Grazie

Presentazione di supporto per i docenti
di Architettura/Ingegneria civile

Capitolo 07A:

Applicazioni strutturali di rebar in acciaio inossidabile

Vedere anche: stainlesssteelrebar.org

La scelta sbagliata del materiale
può provocare grossi problemi





Un tipico caso di studio: corrosione dello svincolo autostradale di Turcot a Montreal^{1,2}

- Uno svincolo fondamentale tra le autostrade Decarie (Nord-Sud) e Ville Marie (Est-Ovest), costruito nel 1966.
- Oltre 300.000 veicoli al giorno
- Costruito in cemento armato, fortemente corroso oggi dal sale antighiaccio

Dovrà essere sostituito

- Nonostante i continui interventi di supervisione e riparazione, dovrà essere rimosso o parzialmente sostituito,
 - Costo stimato finora 3000M dollari canadesi.
 - Inoltre, dovranno essere spesi 254M di dollari canadesi per garantire la sicurezza fino alla sostituzione nel 2018
- La durata della struttura sarà di soli 50 anni!



In che modo il cemento armato può essere danneggiato dalla corrosione

Diffusione di ioni aggressivi (solitamente cloruri) nel cemento:

Fasi³:

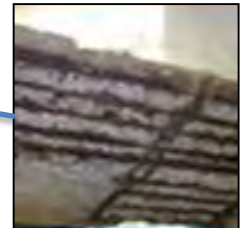
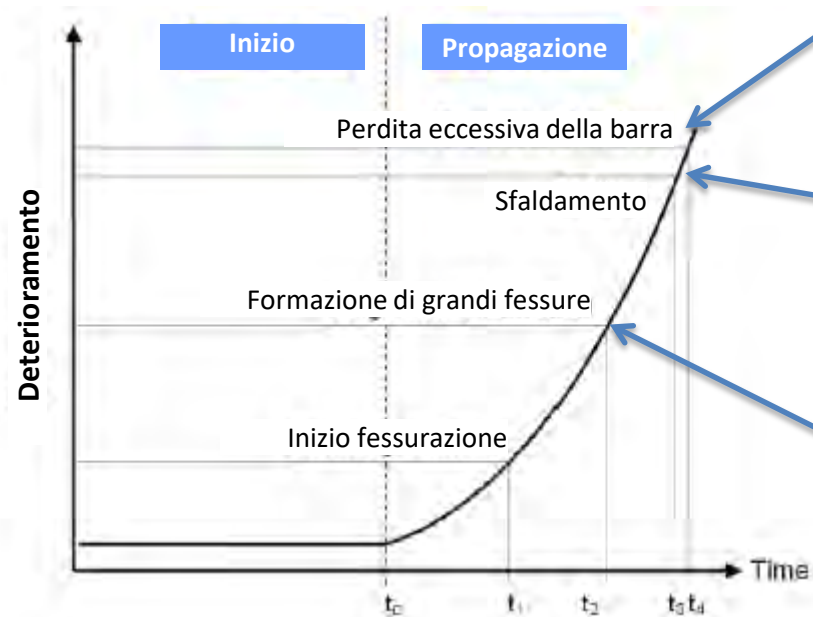
1. Una volta che gli ioni aggressivi raggiungono il rebar in acciaio al carbonio (t_0), comincia la corrosione

2. I prodotti di corrosione, che occupano un volume maggiore rispetto all'acciaio, esercitano una pressione verso l'esterno

3. Si verifica una fessurazione nel cemento (t_1), facilitando l'accesso ai cloruri

4. Il cemento si sfalda (t_3), esponendo l'armatura

5. Se la corrosione viene trascurata, questa continuerà fino a quando l'armatura non potrà più sostenere le sollecitazioni portando al crollo della struttura (t_4)



Le fessurazioni nel cemento accelerano la corrosione

Il cemento presenta spesso delle fessurazioni, attraverso le quali gli ioni corrosivi raggiungono velocemente l'acciaio.

Ecco alcune cause di formazione di fessurazioni (rif. 4).

Notare che le fessurazioni non si verificano immediatamente e si presenteranno anche in aree nascoste, dove non potranno essere riparate.

	Forma della fessurazione	Causa principale	Tempo di comparsa
Assestamento plastico	Nella parte superiore e allineata con il rinforzo in acciaio	Tipo di fessurazione	10 minuti - tre ore
Ritiro plastico	Diagonale o casuale	Eccessiva evaporazione precoce	30 minuti - sei ore
Espansione e contrazione termica	Trasversale (esempio: nella pavimentazione)	Generazione di calore o gradienti di temperatura eccessivi	Un giorno - due/tre giorni
Ritiro per essiccazione	Trasversale o in rete	Presenza eccessiva di acqua nell'impasto; cattivo posizionamento dei giunti; giunti troppo distanti tra loro	Settimane - mesi
Congelamento e scongelamento	Parallelo alla superficie del cemento	Aerazione inadeguata; inerte grossolano non durevole	Dopo uno o due inverni
Corrosione dell'armatura di rinforzo	Sopra l'armatura di rinforzo	Rivestimento inadeguato del cemento; ingresso di umidità o cloruro	Più di due anni
Reazione alcali-aggregato	La rete si incrina; fessurazioni parallele ai giunti o ai bordi	Aggregato reattivo più umidità	Normalmente nel corso di cinque anni, ma può capitare molto prima con aggregati altamente reattivi
Attacco solfatico	La rete si incrina	Solfati esterni o interni che favoriscono la formazione di ettringite	Uno - cinque anni

La scelta corretta dei materiali è un buon investimento a lungo termine

Il pontile di Progreso (1/3)^{5,6}



A Progreso, in Messico, è stato costruito un pontile nel 1970.

L'ambiente marino ha corrosa l'armatura in acciaio al carbonio – la struttura è crollata.

Il pontile di Progreso (2/3)



Il pontile vicino è stato eretto nel 1937 – 1941 usando rebar in acciaio inossidabile.

Il pontile di Progreso (3/3)



Da allora, non sono stati necessari interventi di manutenzione ed è rimasto intatto.

Oggi, le strutture di ingegneria civile
di maggior rilievo
devono durare oltre 100 anni

Haynes Inlet Slough Bridge, Oregon, USA 2004^{7,8}

Un insolito ponte su archi con 400 tonnellate di barre per cemento armato in acciaio inossidabile sul piano stradale.

Per il collegamento per Haynes Inlet Slough, lungo 230 m, si prevede una durata di 120 anni senza interventi di manutenzione.

Anche se l'acciaio inossidabile ha un costo maggiore rispetto a quello dell'acciaio, il costo del ciclo di vita del ponte sarà notevolmente ridotto.





Ponte Hong Kong- Zhuhai- Macau ⁹ (la costruzione iniziò nel 2009, completata nel 2018)

Il prestigioso progetto della strada rialzata sull'acqua Hong Kong- Zhuhai- Macau è uno dei progetti di ponte più grande al mondo. Il requisito di durata è pari a 120 anni senza manutenzione. Pertanto nelle aree critiche della struttura sono state previste armature di rinforzo in acciaio inossidabile, soprattutto nelle zone degli spruzzi. Alla fine saranno utilizzati 15000TM di acciaio inossidabile.



Broadmeadow Bridge, Dublino, Irlanda (2003)¹⁰

Una nuova costruzione sull'estuario con 105TM di armatura di rinforzo in acciaio inossidabile nelle colonne e nei parapetti.

Riparazione della diga Bayonne, Francia

La diga fu costruita negli anni 1960 per proteggere l'ingresso al porto

Il lato dell'oceano è più alto e protetto da blocchi da 40T che devono essere sostituiti quando usurati dalle tempeste

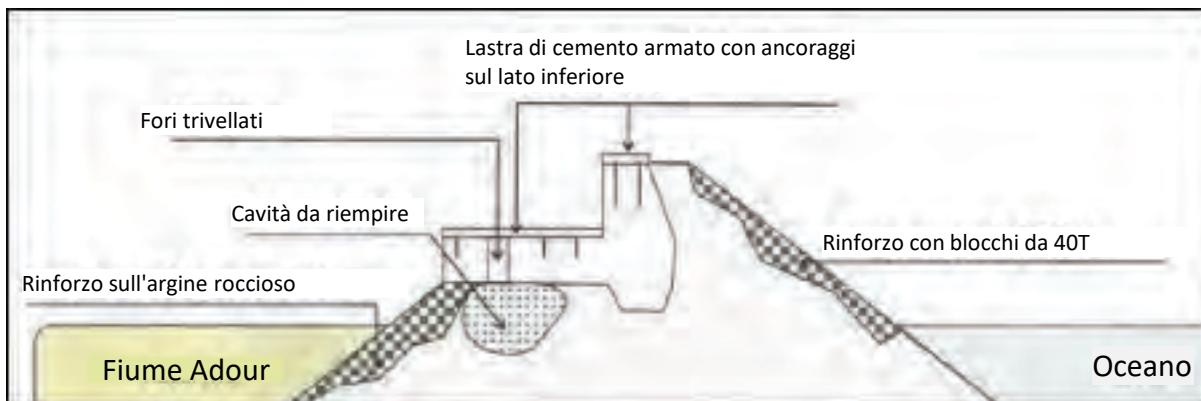
Sul lato del fiume una piattaforma larga 7m consente alle gru di grande portata di sollevare i blocchi

Vista aerea

Fessurazioni sul piano stradale e sul muro hanno reso necessari gli interventi di riparazione



Sezione del muro sul mare



Riparazione del muro sul mare

Bayonne, Francia

La piattaforma e il muro sul mare sono stati rinforzati con acciaio inossidabile lean duplex (EN 1.4362)¹¹

Riparazione del muro sul mare in corso



Burrasca sulla diga all'inizio del 2014





Stonecutters Bridge, Hong Kong^{12,13}

Il secondo ponte strallato più lungo del mondo, con un interasse principale di 1.018m

Le torri sono alte 298m con 1.600 tonnellate di acciaio inossidabile strutturale nella zona di ancoraggio dello strallo e 2800 tonnellate di rebar inox nella parte inferiore delle torri.



Belt Parkway Bridge, Brooklyn, USA (2004)¹⁴

Per garantire una durata a lungo termine (100 anni) e una resistenza all'attacco corrosivo dell'ambiente marino e del sale sulla strada, le unità del ponte e le barriere dei parapetti sono state rinforzate con rebar in acciaio inossidabile di grado 2205.

Quando si può considerare l'impiego di rebar in acciaio

inossidabile ¹⁵⁻²⁰:

- Negli ambienti corrosivi:
- Acqua marina e ancora di più nei climi caldi
 - Ponti
 - Pontili
 - Moli
 - Ancoraggi per lampioni, binari...
 - Muri flangiflutti
 -
- Sale antighiaccio
 - Ponti
 - Cavalcavia per il traffico e interscambi
 - Parcheggi coperti
- Cisterne per il trattamento delle acque reflue
- Impianti di dissalazione
- In strutture con una vita molto lunga
 - Riparazioni di strutture storiche
 - Stoccaggio di scorie nucleari
- In ambienti sconosciuti nei quali
 - l'ispezione è impossibile,
 - le riparazioni sono pressoché impossibili o molto costose

Confronto tra rebar in acciaio inossidabile e soluzioni alternative¹⁵⁻²⁰

	Vantaggi	Svantaggi
Rivestimento epossidico	Costi iniziali inferiori	<ul style="list-style-type: none"> ▪ non può essere curvato senza rottura ▪ richiede attenzione nella manipolazione per evitare di danneggiarlo durante l'installazione
Zincatura	Costi iniziali inferiori	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lo strato zincato non può essere curvato senza rottura ▪ perde efficacia quando il rivestimento zincato è stato corroso
Polimeri fibrorinforzati	Costi iniziali inferiori	<ul style="list-style-type: none"> ▪ non possono essere curvati senza rottura ▪ Nessuna resistenza al calore e scarsa resistenza all'urto negli inverni rigidi ▪ Rigidità inferiore rispetto all'acciaio ▪ Non sono riciclabili
ACCIAIO INOSSIDABILE	<p>Basso costo del ciclo di vita:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Design simile agli acciai al carbonio • Miste – armature in acciaio al carbonio e inossidabile funzionano bene • Installazione semplice, poco dipendente dalla qualità di esecuzione • Nessuna manutenzione • Nessun limite di durata • Consente una copertura in cemento più sottile • Migliore resistenza al fuoco • Acciaio inossidabile « premium » 100% riciclato 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costo iniziale elevato, ma non più di tanto se: <ul style="list-style-type: none"> ✓ l'acciaio inossidabile viene selezionato per le aree critiche ✓ Sono stati scelti lean duplex

Confronto tra rebar in acciaio inossidabile e soluzioni alternative¹⁵⁻²⁰

	Vantaggi	Svantaggi
Protezione catodica	Costi iniziali inferiori? Utilizzata spesso per le riparazioni	<ul style="list-style-type: none">▪ Richiede un attento design per la protezione complessiva▪ Richiede un'attenta installazione per mantenere contatti elettrici adeguati▪ Richiede una fonte permanente di corrente (che deve essere monitorata e mantenuta) o anodi sacrificali che richiedono monitoraggio e sostituzione
Membrane/ sigillanti	Costi iniziali inferiori?	<ul style="list-style-type: none">▪ Richiedono un'attenta installazione (bolle)▪ L'installazione dipende dalle condizioni meteorologiche▪ Prestazioni discutibili nel tempo▪ Limitati alle superfici orizzontali

Riferimenti

1. <http://www.lapresse.ca/actualites/montreal/201111/25/01-4471833-echangeur-turcot-254-millions-pour-lentretien-avant-la-demolition.php>
2. <http://www.ledevoir.com/politique/quebec/336978/echangeur-turcot-quebec-confirme-le-mauvais-etat-des-structures>
3. http://www.worldstainless.org/Files/issf/Education_references/Ref07_The_use_of_predictive_models_in_specifying_selective_use_of_stainless_steel_reinforcement.pdf
4. <https://www.holcim.com.au/products-and-services/tools-faqs-and-resources/do-it-yourself-diy/cracks-in-concrete> visual inspection of concrete
5. <https://www.nickelinstitute.org/policy/nickel-life-cycle-management/life-cycle-assessments/> (Progreso Pier)
6. http://www.worldstainless.org/Files/issf/Education_references/Ref08_Special-issue-stainless-steel-rebar-Acom.pdf
7. <https://www.roadsbridges.com/willing-bend-0> (Oregon)
8. <http://structurae.net/structures/data/index.cfm?id=s0011506> (Oregon)
9. <http://www.aeonline.ae/major-hong-kong-stainless-steel-rebar-contract-signed-by-arminox-middle-east-42317/news.html> (HK Macau)
10. <http://www.engineersireland.ie/EngineersIreland/media/SiteMedia/groups/Divisions/civil/Broadmeadow-Estuary-Bridge-Integration-of-Design-and-Construction.pdf?ext=.pdf> (Broadmeadow)
11. Courtesy Ugitech SA
12. http://www.arup.com/Projects/Stonecutters_Bridge.aspx (stonecutters' bridge)
13. http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Stonecutters_Bridge_Case_Study-2.pdf (stonecutters' bridge)
14. http://www.cif.org/noms/2008/24_-_Ocean_Parkway_Belt_Bridge.pdf (belt parkway bridge)
15. Béton Armé d'inox: Le Choix de la durée (in French) <https://www.infociments.fr/ponts-et-passerelles/les-armatures-inox-la-solution-pour-des-ouvrages-durables>
16. Armaduras de Acero Inoxidable (in Spanish) <http://www.cedinox.es/opencms901/export/sites/cedinox/.galleries/publicaciones-tecnicas/59armadurasaceroinoxidable.pdf>
17. www.ukcares.com/downloads/guides/PART7.pdf
18. http://www.worldstainless.org/Files/issf/Education_references/Ref19_Case_study_of_progreso_pier.pdf
19. <http://www.sintef.no/upload/Byggforsk/Publikasjoner/Prrapp%20405.pdf> (general)
20. http://americanarminox.com/Purdue_University_Report_-_Stainless_Steel_Life_Cycle_Costing.pdf (advantages of using ss rebar)
21. <http://www.stainlesssteelrebar.org>

Riferimenti sull'accoppiamento galvanico

NEW!

1. L. Bertolini, M. Gastaldi, T. Pastore, M. P. Pedferri and P. Pedferri, "Effects of Galvanic Coupling between Carbon Steel and Stainless Steel Reinforcement in Concrete", International Conference on Corrosion and Rehabilitation of Reinforced Concrete Structures, 1998, Orlando, Florida.
2. A. Knudsen, EM. Jensen, O. Klinghoffer and T. Skovsgaard, "Cost-Effective Enhancement of Durability of Concrete Structures by Intelligent use of Stainless Steel Reinforcement", International Conference on Corrosion and Rehabilitation of Reinforced Concrete Structures, 1998, Orlando, Florida.
3. L. Bertolini, M. Gastaldi, T. Pastore and M. P. Pedferri, "Effect of Chemical Composition on Corrosion Behaviour of Stainless Steel in Chloride Contamination and Carbonated Concrete", Properties and Performances, Proceedings of 3rd European Congress Stainless Steel '99, 1999, Vol .3, Chia Laguna, AIM
4. O. Klinghoffer, T. Frolund, B. Kofoed, A. Knudsen, EM. Jensen and T. Skovsgaard, "Practical and Economic Aspects of Application of Austenitic Stainless Steel, AISI 316, as Reinforcement in Concrete", Corrosion of Reinforcement in Concrete: Corrosion Mechanisms and Corrosion Protection, 2000, Mietz, J., Polder, R. and Elsener, B., Eds, London
5. Knudsen and T. Skovsgaard, "Stainless Steel Reinforcement", Concrete Engineering, 2001, Vol. 5 (3), p. 59.
6. L. Bertolini and P. Pedferri, "Laboratory and Field Experience on the Use of Stainless Steel to Improve Durability of Reinforced Concrete", Corrosion Review, 2002, Vol. 20, p. 129
7. [S. Qian](#), [D. Qu](#) & [G. Coates](#) Galvanic Coupling Between Carbon Steel and Stainless Steel Reinforcements [Canadian Metallurgical Quarterly](#) Volume 45, 2006 - [Issue 4](#) Pages 475-483 Published online: 18 Jul 2013
8. J.T. Pérez-Quiroz, J. Teran, M.J. Herrera, M. Martinez, J. Genesca : "Assessment of stainless steel reinforcement for concrete structures rehabilitation" J. of Constructional Steel research (2008) doi:10.1016/j.jcsr.2008.07.024
9. Juliana Lopes Cardoso / Adriana de Araujo / Mayara Stecanella Pacheco / Jose Luis Serra Ribeiro / Zehbour Panossian "stainless-steel-rebar-for-marine-environment-a-study-of-galvanic-corrosion-with-carbon-steel-rebar-used-in-the-same-concrete-structure" (2018) <https://store.nace.org/stainless-steel-rebar-for-marine-environment-a-study-of-galvanic-corrosion-with-carbon-steel-rebar-used-in-the-same-concrete-structure> Product Number: 51318-11312-SG
10. <http://stainlesssteelrebar.org/>

Presentazione di supporto per i
docenti di Architettura/Ingegneria
civile

Capitolo 07B

**Applicazioni strutturali di
prodotti piatti in acciaio
inossidabile**

Acciaio inossidabile strutturale

La progettazione con l'acciaio inossidabile

Barbara Rossi, Maarten Fortan
Dipartimento di ingegneria civile,
KU Leuven, Belgio

Basato su una versione precedente preparata da Nancy Baddoo
Steel Construction Institute, Ascot, Regno Unito

Sintesi

- Esempi di applicazioni strutturali
- Caratteristiche meccaniche dei materiali
- Progettazione conforme a Eurocodice 3
- Metodi alternativi
- Deflessioni
- Informazioni aggiuntive
- Risorse per ingegneri

Sezione 1

Esempi di applicazioni strutturali



Stazione Sint Pieters, Ghent (BE)

Arch.: Wefirna

Uff. ing.: THV Van Laere-Braekel Aero



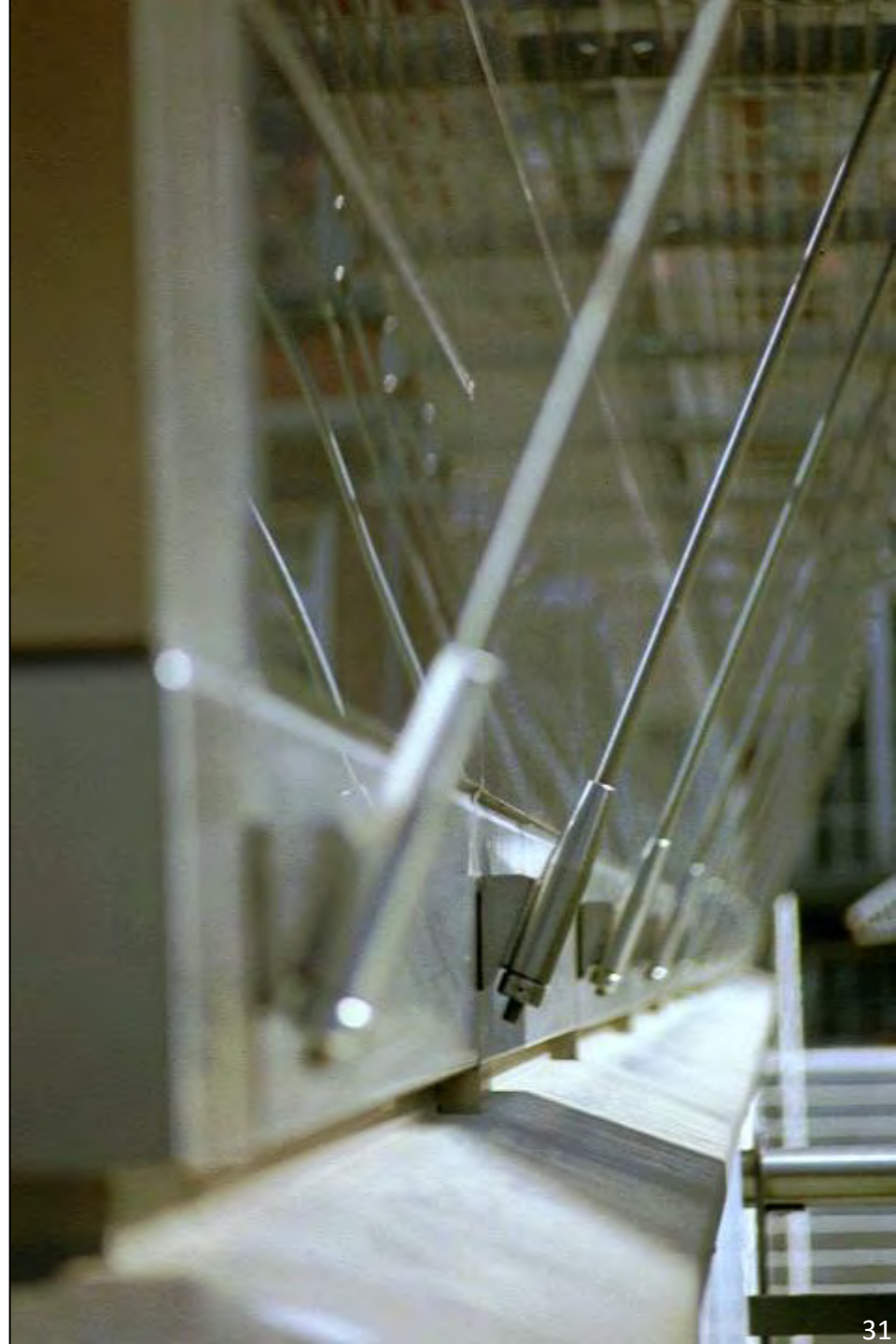
Scuola militare
di Bruxelles

Arch.: AR.TE

Uff. ing.:

Tractebel

Development





La Grande Arche, Parigi
Arch.: Johan Otto von
Spreckelsen
Uff. ing.: Paul Andreu





Villa Inox (FIN)

La Lentille de
Saint-Lazare,
Parigi, (Francia)

Arch.: Arte
Charpentiers &
Associés

Uff. ing.: Mitsu
Edwards



Stazione di Porto (Portogallo)



Torno Internazionale S.P.A. Sede centrale di Milano, (IT),
acciaio inossidabile grado: EN 1.4404 (AISI 316L)

Architetto: Dante O. BENINI & Partners



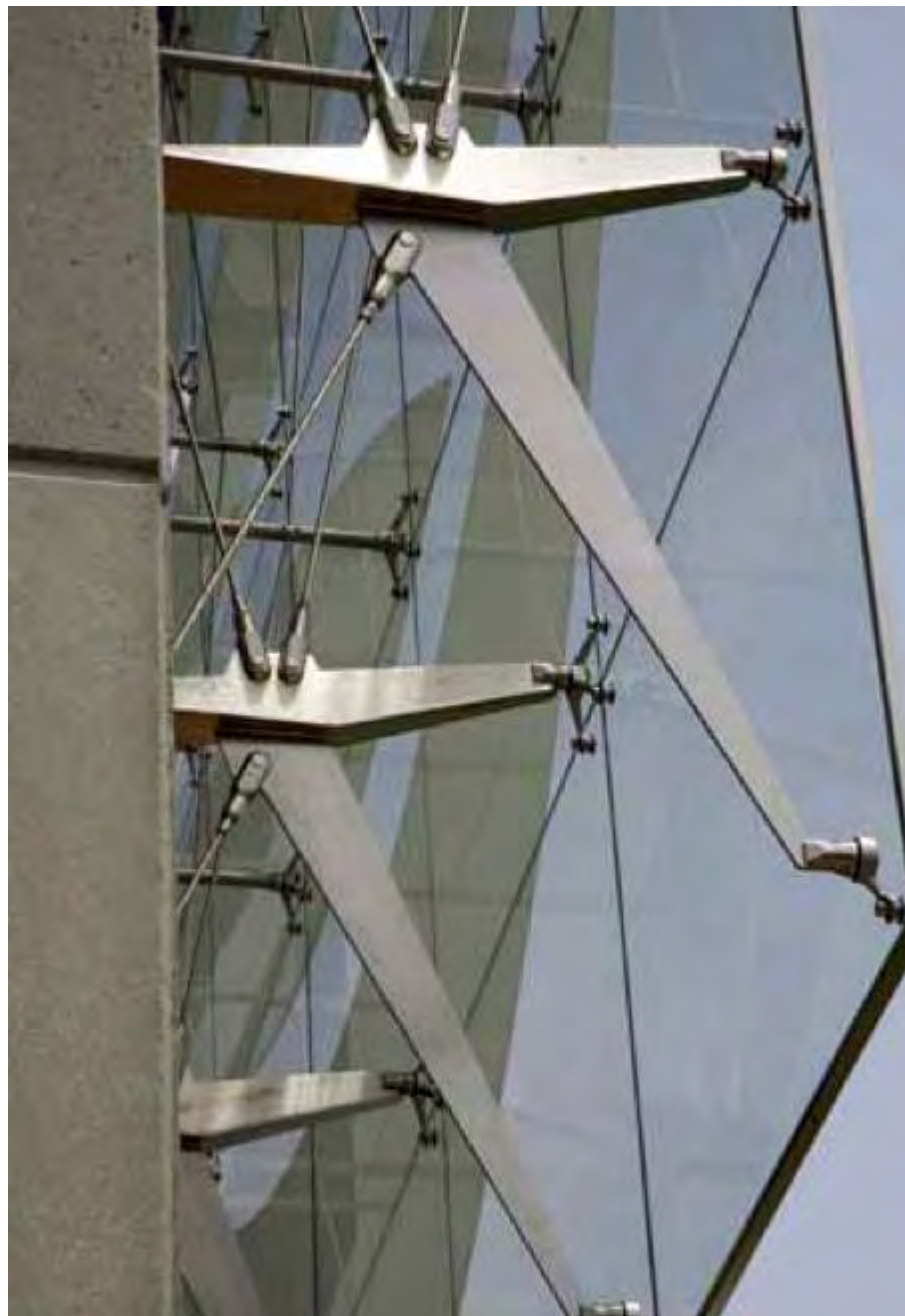
Fotografia: Toni Nicolino / Nicola Giacomini

Telai in acciaio
inossidabile nella
centrale nucleare



Fotografia: Elementi strutturali in acciaio inossidabile LCC

Supporti per
facciata in acciaio
inossidabile
Tampa, (USA)



Fotografia: TriPyramid Structures, Inc.

Travi a I in acciaio inossidabile,
Thames Gateway Water Treatment Works, (UK)



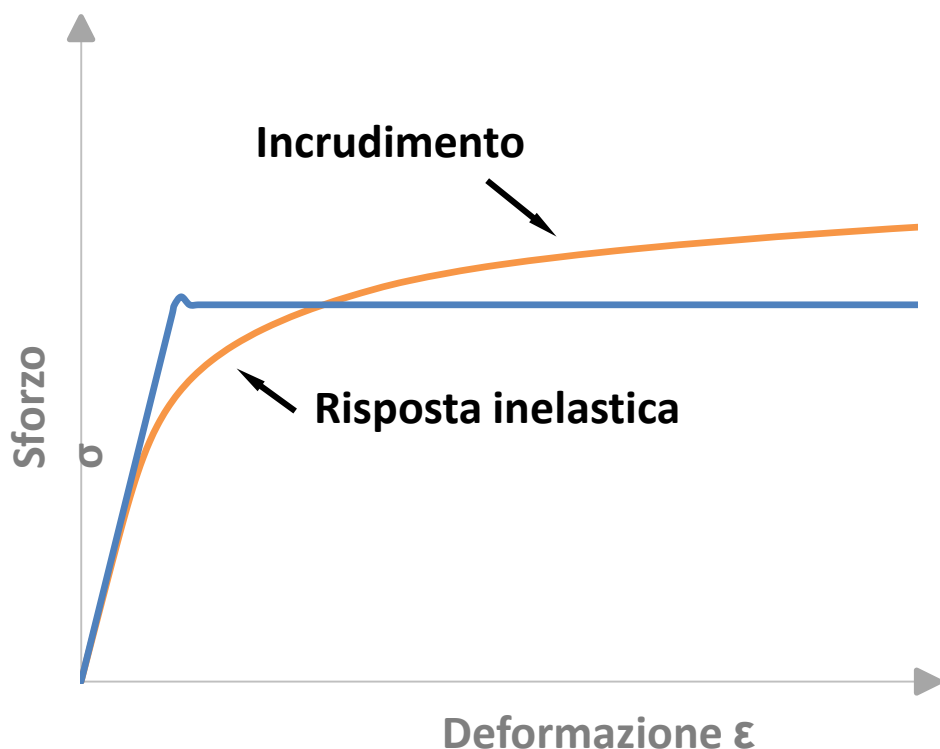
Fotografia: Interserve

Sezione 2

Caratteristiche meccaniche dei
materiali

Caratteristiche sforzo-deformazione: Acciaio al carbonio vs. acciaio inossidabile

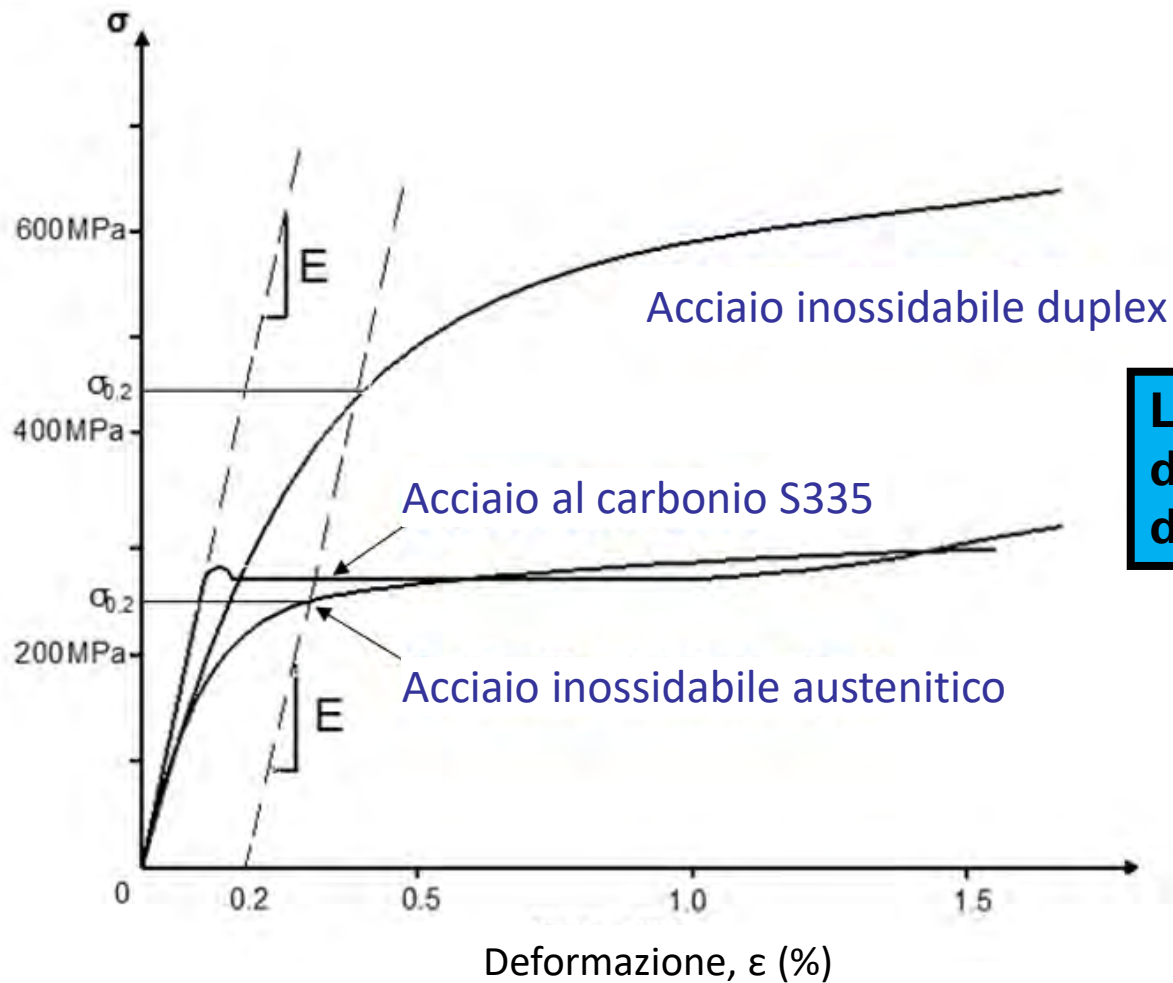
L'acciaio inossidabile presenta un comportamento σ - ϵ sostanzialmente diverso dall'acciaio al carbonio.



L'acciaio al carbonio ha un punto di snervamento ben definito con un plateau di snervamento plastico.

L'acciaio inossidabile presenta un comportamento gradualmente cedevole, con elevato incrudimento.

Caratteristiche sforzo-deformazione - bassa deformazione



La risposta sforzo-deformazione dipende dalla famiglia.

Resistenza di progetto dell'acciaio inossidabile

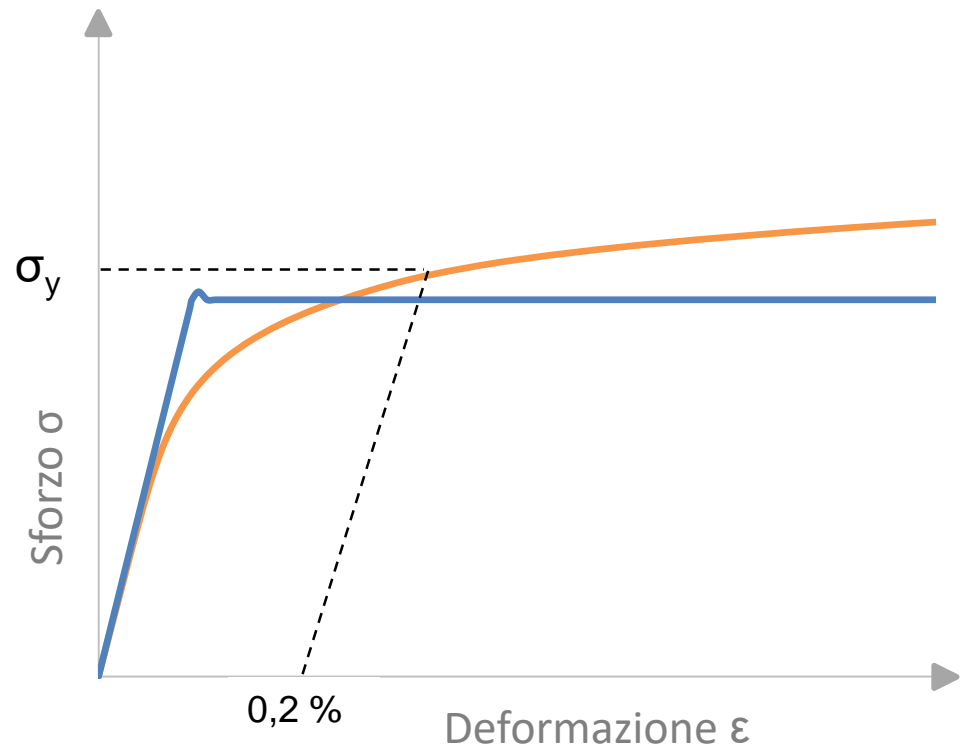
La resistenza di prova minima specificata 0,2% è indicata in EN 10088-4 e -5

Austenitici: $f_y = 220-350$ MPa

Duplex: $f_y = 400-480$ Mpa

Ferritici: $f_y = 210-280$ MPa

Modulo di Young: $E =$ da 200.000 a 220.000 MPa



Resistenza di progetto dell'acciaio inossidabile

Grado	Famiglia	Carico di snervamento (N/mm ²) Resistenza di prova 0,2%	Carico di rottura (N/mm ²)	Modulo di Young (N/mm ²)	Deformazione di frattura (%)
1.4301 (304)	Austenitico	210	520	200000	45
1.4401 (316)	Austenitico	220	520	200000	40
1.4062	Duplex	450	650	200000	
1.4462	Duplex	460	640	200000	
1.4003	Ferritico	250	450	220000	

Incrudimento

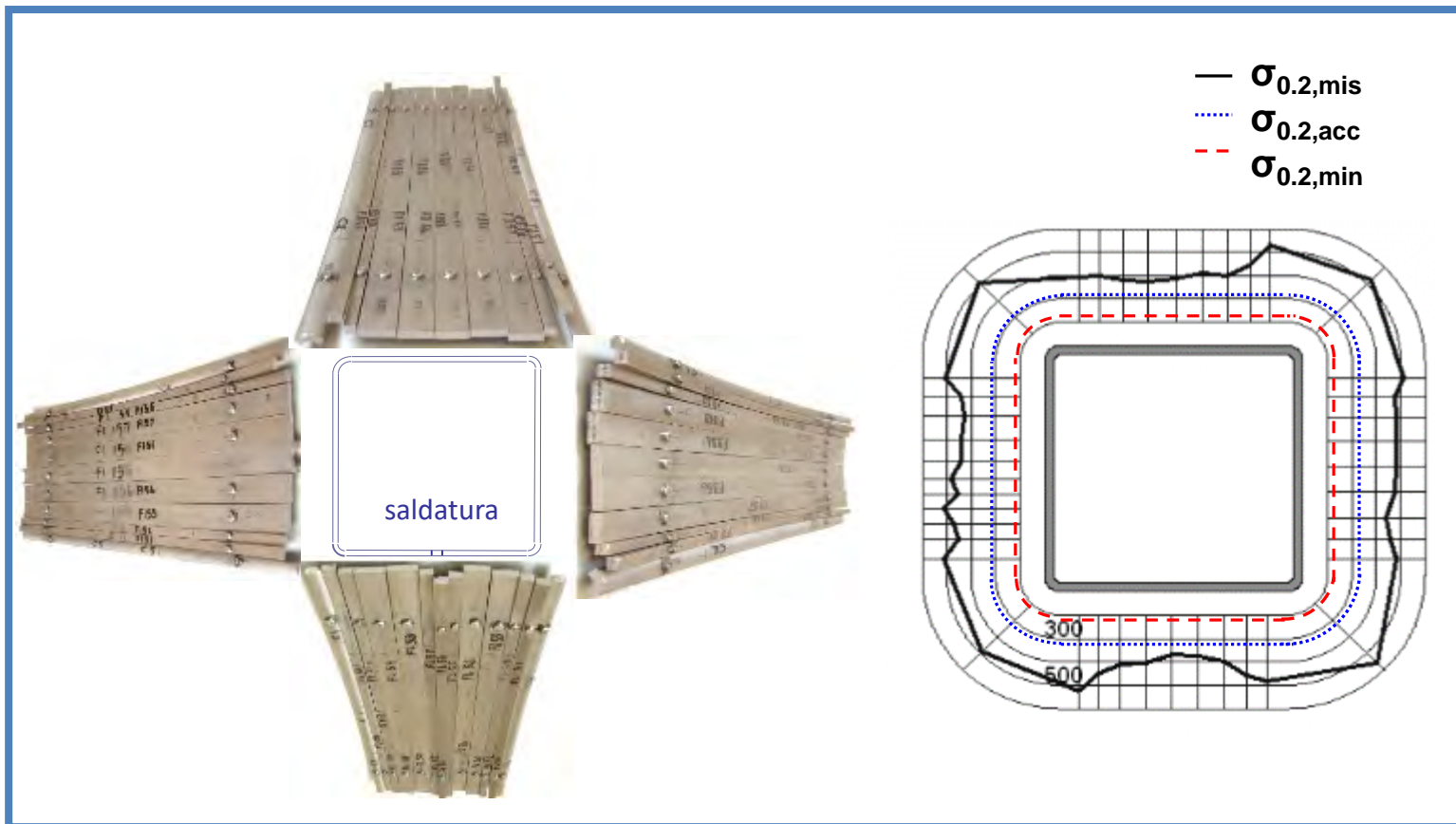
(incrudimento da lavorazione a freddo)

- Resistenza aumentata per deformazione plastica
- Provocata dalla formatura a freddo, durante le operazioni di produzione dell'acciaio in acciaieria oppure durante i processi di fabbricazione

Durante la fabbricazione di un profilo cavo rettangolare, la resistenza di prova $0,2\%$ aumenta di circa il 50% negli angoli formati a freddo dei profili trasversali!

Incrudimento (incrudimento da lavorazione o lavorazione a freddo)

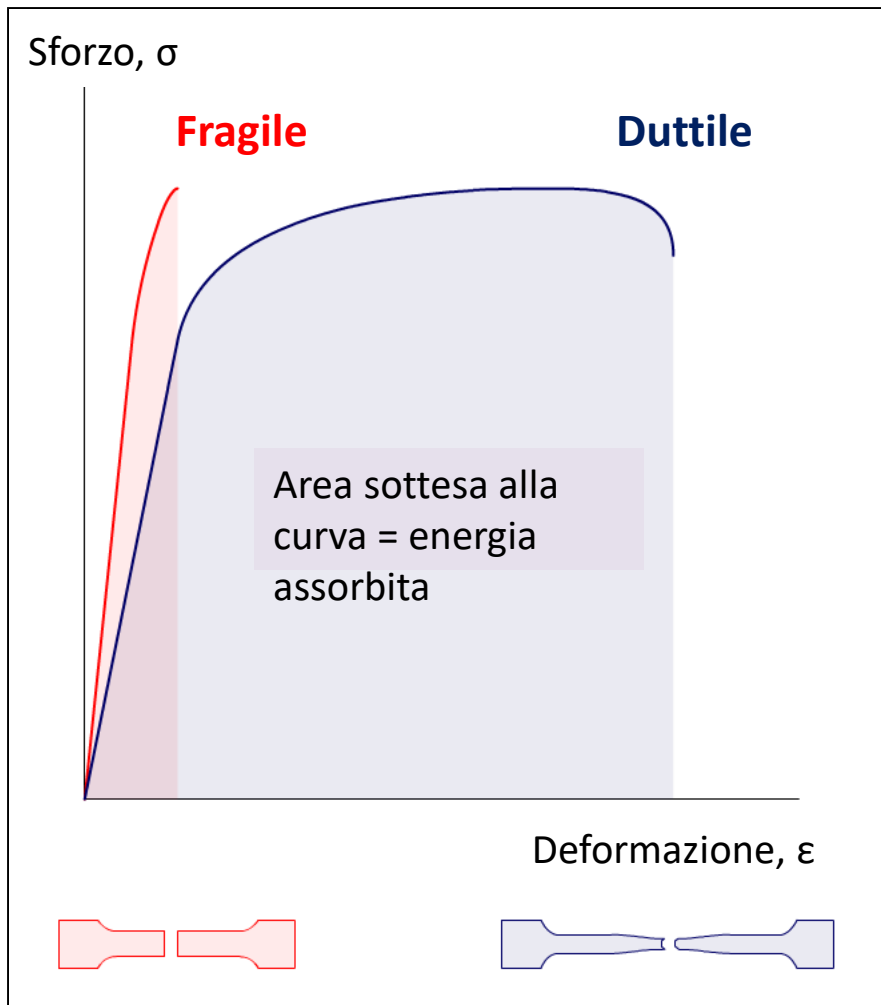
- Miglioramento della resistenza durante la formatura



Incrudimento - non sempre utile

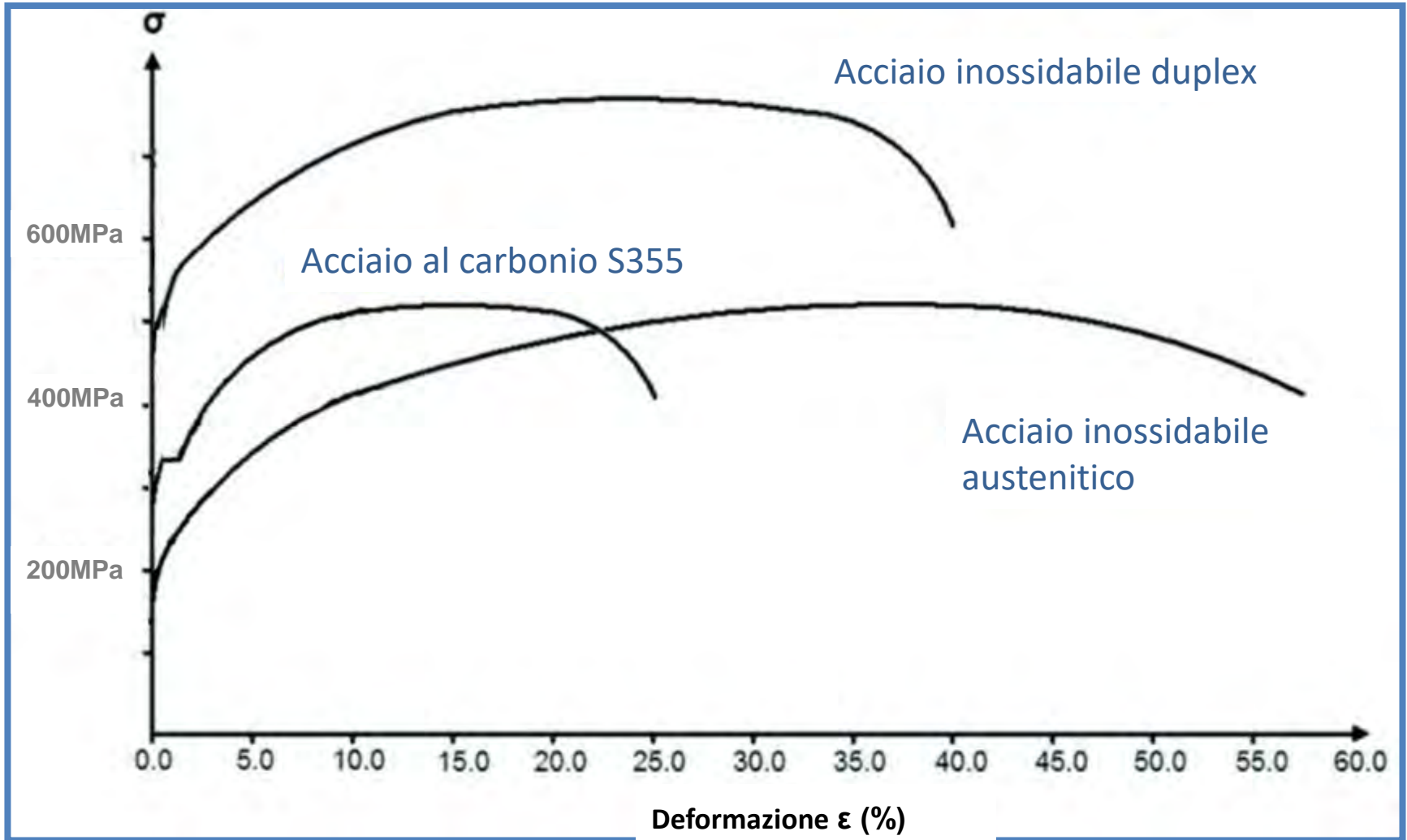
- Attrezzatura di fabbricazione più potente e più pesante
- Sono necessarie più forze
- Duttilità ridotta (la duttilità iniziale è comunque alta, in particolare per gli austenitici)
- Possono verificarsi sollecitazioni residue non desiderate

Duttilità e tenacità



- **Duttilità** - capacità di allungarsi senza rompersi
- **Tenacità** - capacità di assorbire energia e di subire deformazioni a livello plastico senza rompersi

Caratteristiche sforzo-deformazione / alta deformazione



Strutture resistenti a urti/scoppi



Palo di
sicurezza



Fabbricazione di una parete trapezoidale
resistente agli scoppi per i lati superiori di una
piattaforma offshore

Caratteristiche sforzo-deformazione

La non linearità.....porta a

- limiti diversi nei rapporti larghezza-spessore per buckling locale
- diverso comportamento di buckling nella compressione e piegatura
- deflessioni maggiori

Impatto sulle prestazioni di buckling

- **Bassa snellezza**

le colonne raggiungono/superano il carico di schiacciamento

⇒ **vantaggi** dell'incrudimento, apparentemente l'acciaio inox si comporta **bene quanto** l'acciaio al carbonio

- **Alta snellezza**

bassa resistenza assiale, sollecitazioni basse e nella regione lineare

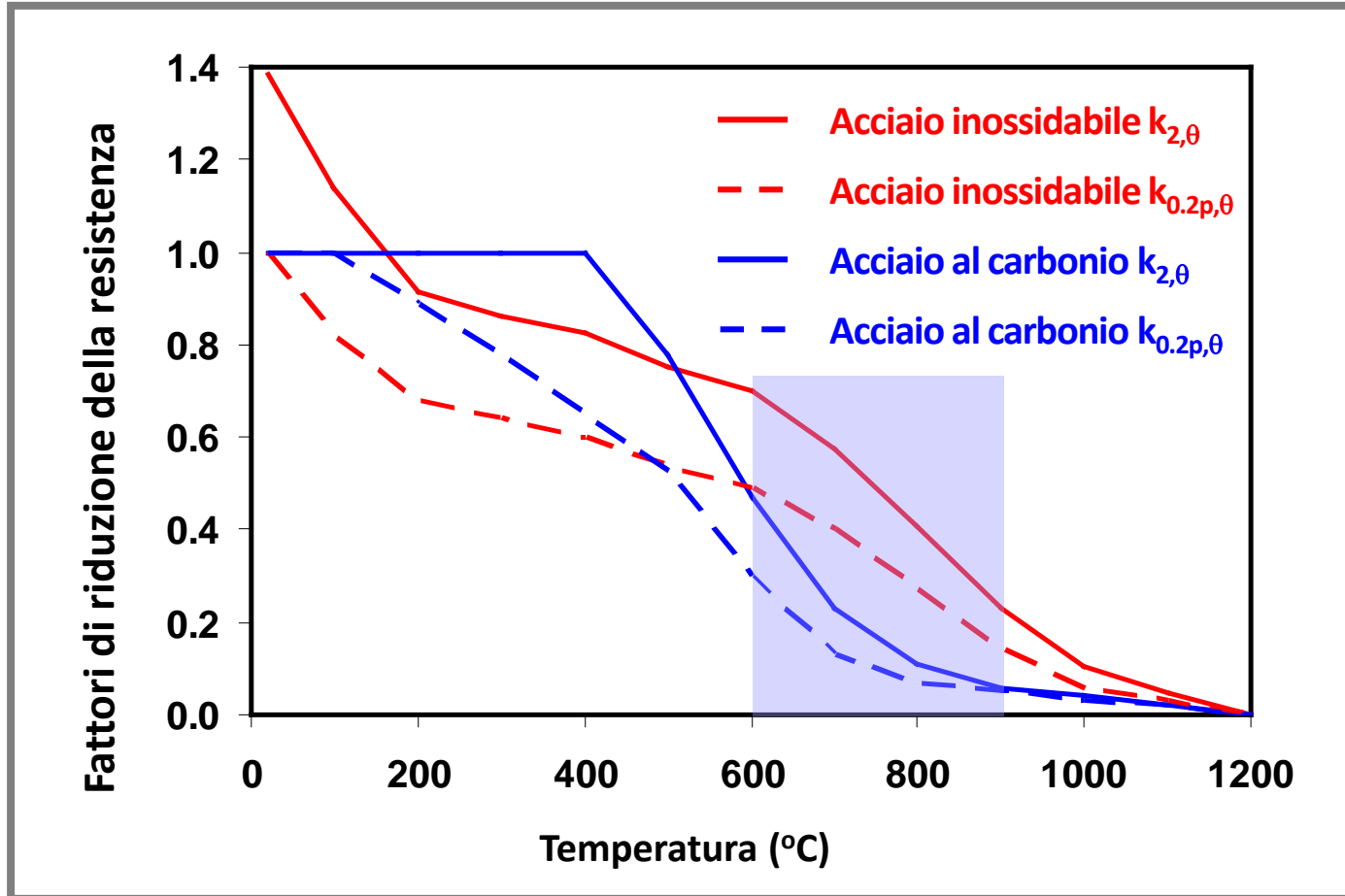
⇒ l'acciaio inossidabile si comporta **analogamente** all'acciaio al carbonio, fornendo sollecitazioni geometriche e residue simili

Impatto sulle prestazioni di buckling

- **Snellezza intermedia**

la sollecitazione media nella colonna si colloca tra il limite di proporzionalità e la deformazione permanente 0,2%,
la colonna di acciaio inox è **meno resistente** di quella dell'acciaio al carbonio

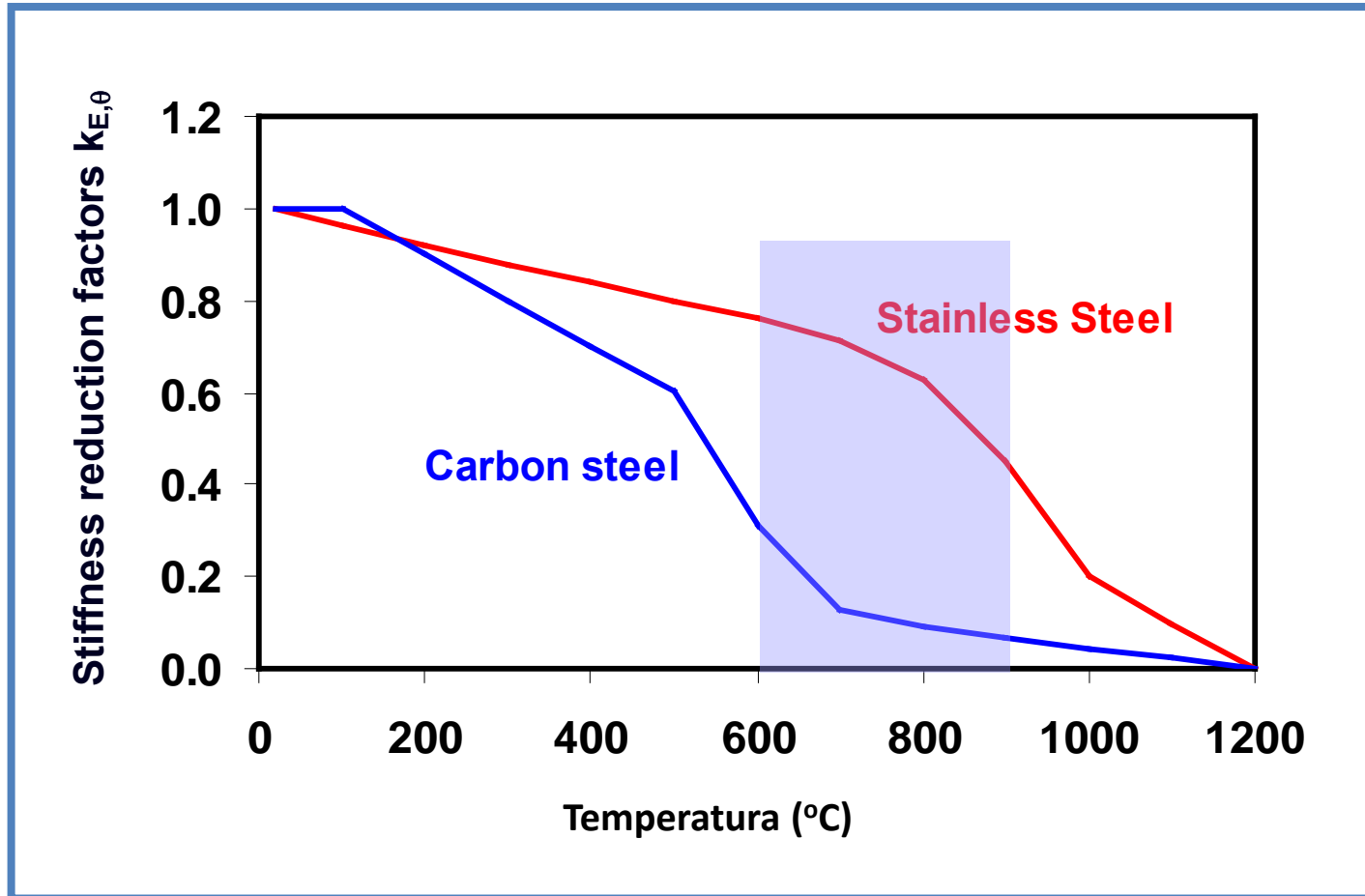
Materiale a temperature elevate



$k_{0.2p,q}$ = fattore di riduzione della resistenza con sollecitazione di prova 0,2%

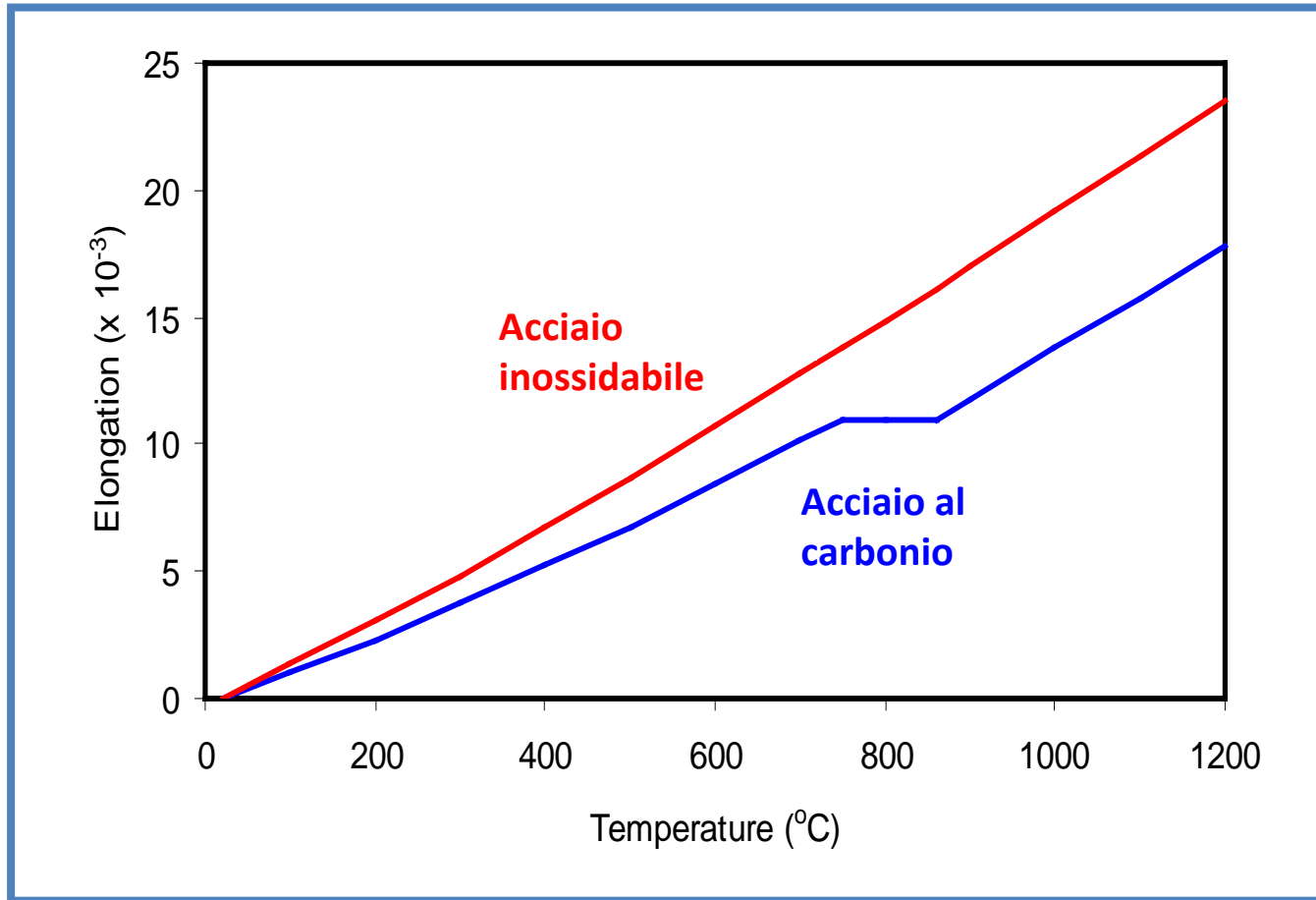
$k_{2,q}$ = fattore di riduzione della resistenza con sollecitazione totale 2%

Materiale a temperature elevate



Fattore di rigidità

Materiale a temperature elevate



Dilatazione termica

Sezione 4

Progettazione conforme a Eurocodice 3

Norme di progettazione internazionali

Quali norme di progettazione sono disponibili per l'acciaio inossidabile strutturale?



Hamilton Island Yacht Club, Australia

EN 1990

Sicurezza strutturale, utilizzabilità e durata

EN 1991

Azioni sulle strutture

EN 1992

EN 1993

EN 1994

EN 1995

EN 1996

EN 1999

Progettazione e descrizione dettagliata

EN 1997

Disegno geotecnico

EN 1998

Disegno sismico

Gli Eurocodici sono una serie integrata di codici per la progettazione strutturale che si occupano di tutti i comuni materiali per l'edilizia.

Collegamenti tra gli Eurocodici

Eurocodice 3: Parte 1 (EN 1993-1)

EN 1993-1-1 Regole generali e regole per gli edifici.

EN 1993-1-2 Progettazione strutturale contro l'incendio.

EN 1993-1-3 Profilati e lamiere sottili piegati a freddo.

EN 1993-1-4 Acciai inossidabili.

EN 1993-1-5 Elementi strutturali a lastra.

EN 1993-1-6 Resistenza e stabilità delle strutture a guscio.

EN 1993-1-7 Strutture a lastra ortotropa caricate al di fuori
del piano.

EN 1993-1-8 Progettazione dei collegamenti.

EN 1993-1-9 Resistenza a fatica delle strutture in acciaio.

EN 1993-1-10 Scelta dell'acciaio in base alla resilienza del materiale e alle proprietà attraverso lo spessore.

EN 1993-1-11 Progettazione di strutture con elementi tesi

EN 1993-1-12 Regole aggiuntive per gli acciai ad alta resistenza

Eurocodice 3: Progettazione delle strutture di acciaio, Parte 1.4 Regole aggiuntive per gli acciai inossidabili

BRITISH STANDARD

BS EN
1993-1-4:2006

Eurocode 3 — Design of steel structures —

Part 1-4: General rules —
Supplementary rules for stainless steels

This European Standard EN 1993-1-4:2006 has the status of a
British Standard

BSi
British Standards

Progettazione di strutture di acciaio.
Regole aggiuntive per gli acciai
inossidabili (2006)

- Modifica e integra le regole per l'acciaio al carbonio fornite in altre parti dell'Eurocodice 3, laddove necessario
- Si applica a edifici, ponti, cisterne ecc.

Eurocodice 3: Progettazione delle strutture di acciaio, Parte 1.4 Regole aggiuntive per gli acciai inossidabili

- Seguire lo stesso approccio dell'acciaio al carbonio
- Usare le stesse regole dell'acciaio al carbonio per gli elementi sottoposti a tensione e le travi vincolate
- Alcune differenze delle curve relative a limiti di classificazione della sezione, buckling locale e buckling dell'elemento si applicano a causa di:
 - curva sforzo-deformazione non lineare
 - caratteristiche di incrudimento
 - diversi livelli di sollecitazioni residue

Eurocodice 3: Progettazione delle strutture di acciaio, Parte 1.4 Regole aggiuntive per gli acciai inossidabili

Tipi di elementi

- Laminato a caldo e saldato
- Formato a freddo
- Barra

Numero di gradi

Famiglia	EC3-1-4	Revisione futura
Ferritico	3	3
Austenitico	16	16
Duplex	2	6

Scopo

- Elementi e collegamenti
- Fuoco (*con riferimento a EN 1993-1-2*)
- Fatica (*con riferimento a EN 1993-1-9*)

Altre norme di progettazione

- **Giappone** – due norme: una per gli elementi in acciaio inossidabile formati a freddo e una per quelli saldati
- **Sudafrica, Australia, Nuova Zelanda** - norme per gli elementi in acciaio inossidabile formati a freddo
- **Cina** - norma allo studio
- **USA** - specifica ASCE per gli elementi formati a freddo e Guida di progettazione AISC per acciaio inossidabile strutturale laminato a caldo e saldato

Eurocodice 3: Progettazione delle strutture di acciaio, Parte 1.4 Regole aggiuntive per gli acciai inossidabili

Quali sono le regole di progettazione per l'acciaio inossidabile fornite dalla EN 1993-1-4 e le principali differenze con le regole equivalenti per l'acciaio al carbonio?



Colonne resistenti allo scoppio nella tettoia d'ingresso,
Seven World Trade Centre, New York

Sezione classificazione ed espressioni buckling locale nella EN 1993-1-4

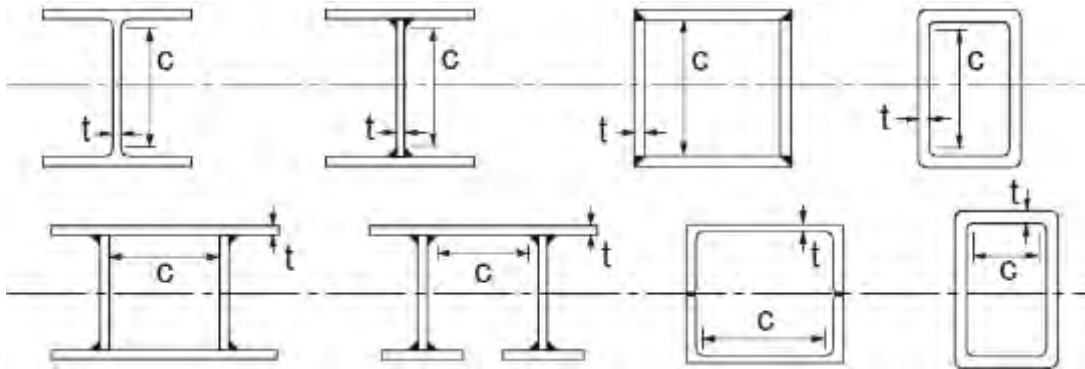
- Rapporto larghezza-spessore con limite inferiore rispetto all'acciaio al carbonio
- Espressioni leggermente diverse per calcolare le larghezze effettive degli elementi snelli

Comunque...

La prossima versione di EN 1993-1-4 conterrà meno limiti ed espressioni di larghezza effettiva conservativi.

Sezione classificazione ed espressioni buckling locale nella EN 1993-1-4

■ Parti di compressione interne

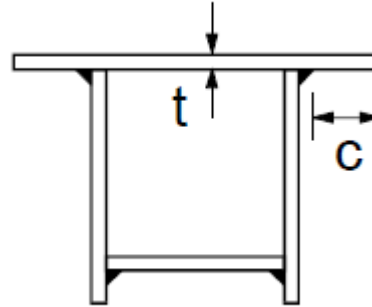
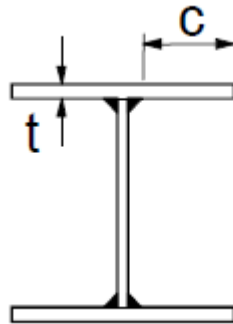


$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y} \frac{E}{210000}}$$

Classe	EC3-1-1: acciaio al carbonio		EC3-1-4: acciaio inossidabile		EC3-1-4: Revisione futura	
	Piegatura	Compressione	Piegatura	Compressione	Piegatura	Compressione
1	$c/t \leq 72\varepsilon$	$c/t \leq 33\varepsilon$	$c/t \leq 56\varepsilon$	$c/t \leq 25,7\varepsilon$	$c/t \leq 72\varepsilon$	$c/t \leq 33\varepsilon$
2	$c/t \leq 83\varepsilon$	$c/t \leq 38\varepsilon$	$c/t \leq 58,2\varepsilon$	$c/t \leq 26,7\varepsilon$	$c/t \leq 76\varepsilon$	$c/t \leq 35\varepsilon$
3	$c/t \leq 124\varepsilon$	$c/t \leq 42\varepsilon$	$c/t \leq 74,8\varepsilon$	$c/t \leq 30,7\varepsilon$	$c/t \leq 90\varepsilon$	$c/t \leq 37\varepsilon$

Sezione classificazione ed espressioni buckling locale nella EN 1993-1-4

■ Parti di compressione esterne



$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y} \frac{E}{210000}}$$

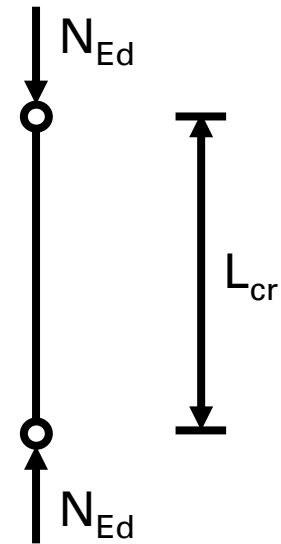
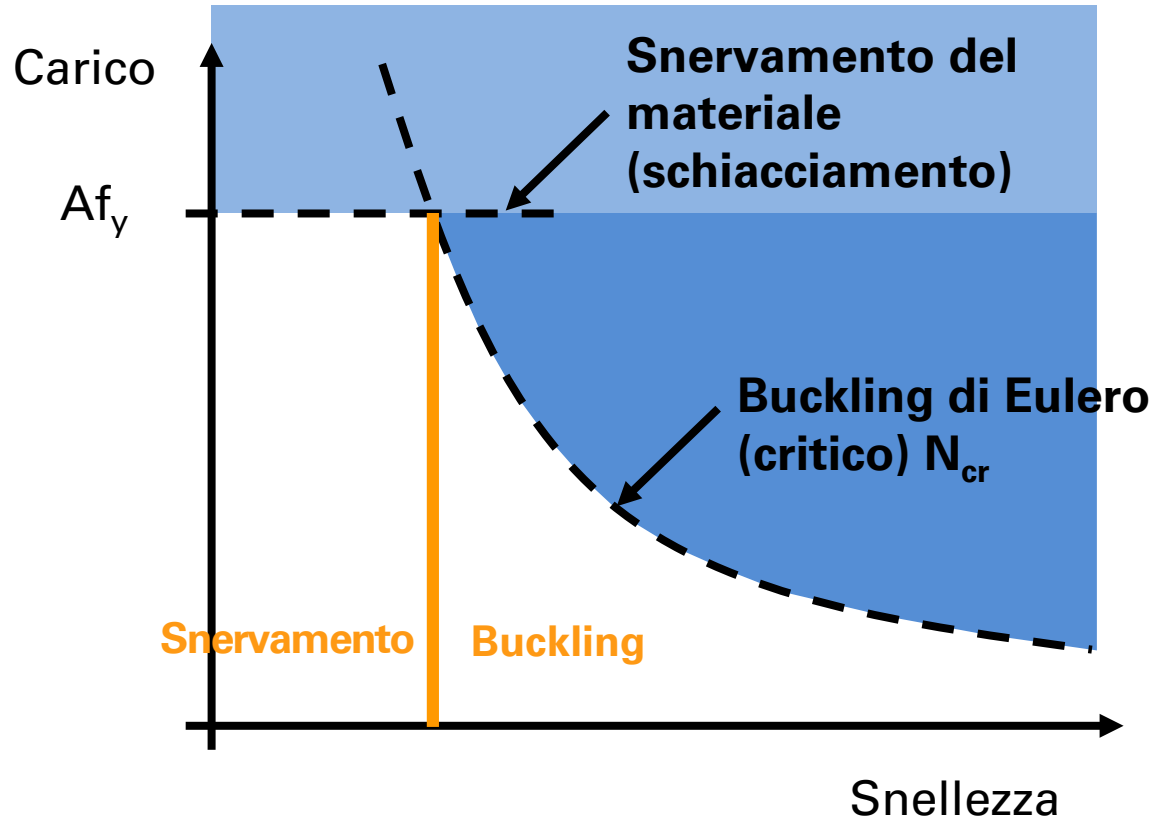
	EC3-1-1: acciaio al carbonio	EC3-1-4: acciaio inossidabile		EC3-1-4: revisione futura
Classe	Compressione	Compressione Saldato	Compressione Formato a freddo	Compressione
1	$c/t \leq 9\varepsilon$	$c/t \leq 9\varepsilon$	$c/t \leq 10\varepsilon$	$c/t \leq 9\varepsilon$
2	$c/t \leq 10\varepsilon$	$c/t \leq 9,4\varepsilon$	$c/t \leq 10,4\varepsilon$	$c/t \leq 10\varepsilon$
3	$c/t \leq 14\varepsilon$	$c/t \leq 11\varepsilon$	$c/t \leq 11,9\varepsilon$	$c/t \leq 14\varepsilon$

Progettazione di colonne e travi

- In generale usare lo stesso approccio dell'acciaio al carbonio
- Ma usare curve di buckling diverse per buckling di colonne e travi non vincolate (LTB)
- Verificare di usare il valore f_y corretto per il grado (i valori minimi specificati sono indicati nella EN 10088-4 e -5)

Comportamento "perfetto" della colonna

Due limiti: Snervamento e buckling:



Buckling della colonna

Resistenza al buckling di compressione $N_{b,Rd}$:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}}$$

per Classe 1, 2 e 3

Fattore di riduzione

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}}$$

**per Classe 4
(simmetrica)**

Buckling della colonna

Snellezza non dimensionale: $\bar{\lambda}$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} \quad \text{per profilati trasversali di Classe 1, 2 e 3}$$

$$= \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} f_y}{N_{cr}}} \quad \bar{\lambda} \quad \text{per profilati trasversali di Classe 4}$$

N_{cr} è il carico di buckling critico elastico per il modo di buckling rilevante basato su grandi proprietà del profilato trasversale

Buckling della colonna

Fattore di riduzione: χ

$$\chi = \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{0,5}} \leq 1$$

$$\phi = 0,5 (1 + \alpha(\bar{\lambda} - \lambda_0) + \bar{\lambda}^2)$$

Fattore di
imperfezione

Lunghezza plateau

Buckling della colonna

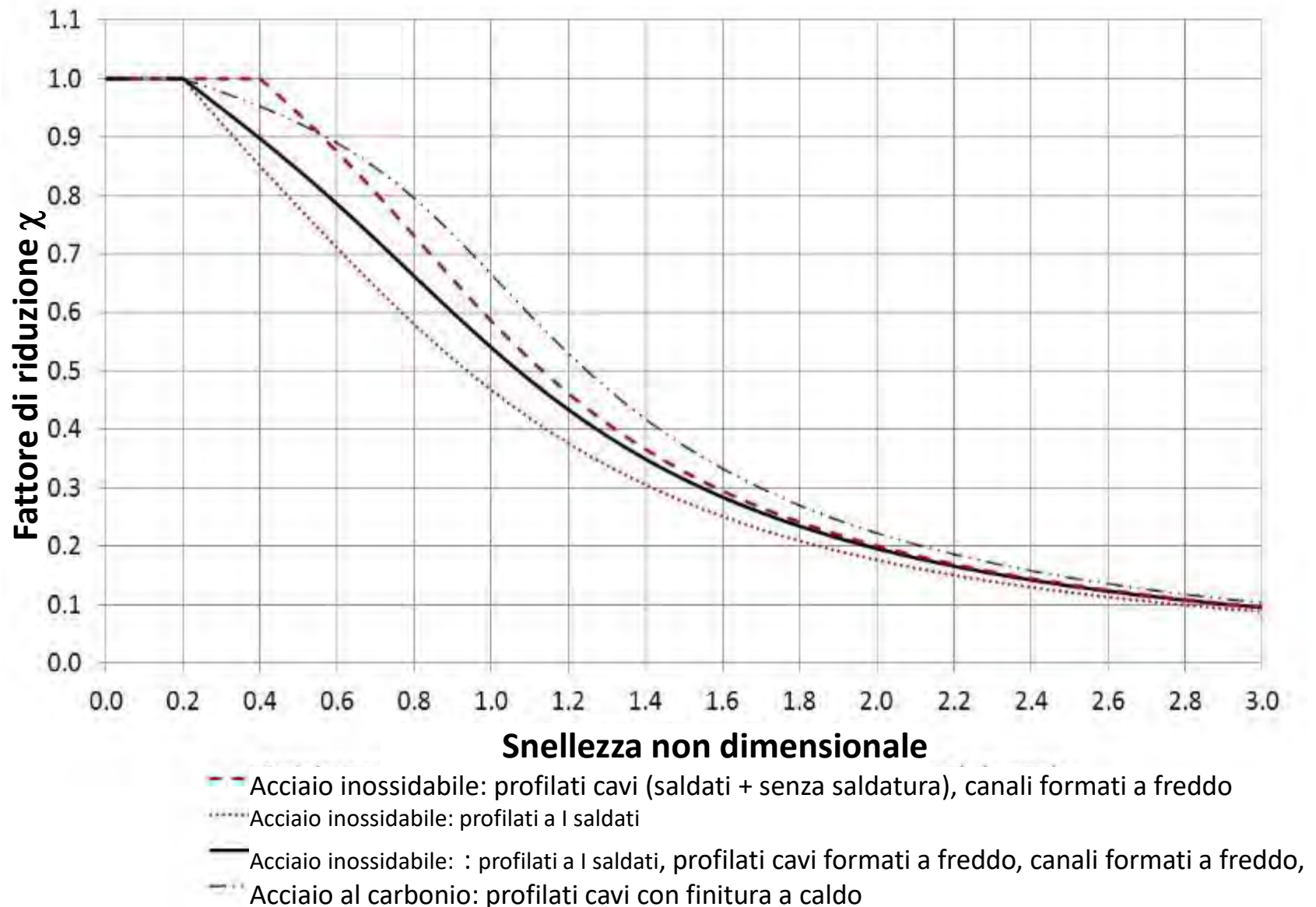
- La scelta della curva di buckling dipende dal profilato trasversale, dal percorso e dall'asse di fabbricazione

Table 5.3: Values of α and $\bar{\lambda}_0$ for flexural, torsional and torsional-flexural buckling

Buckling mode	Type of member	α	$\bar{\lambda}_0$
Flexural	Cold formed open sections	0,49	0,40
	Hollow sections (welded and seamless)	0,49	0,40
	Welded open sections (major axis)	0,49	0,20
	Welded open sections (minor axis)	0,76	0,20
Torsional and torsional-flexural	All members	0,34	0,20

Estratto da EN 1993-1-4

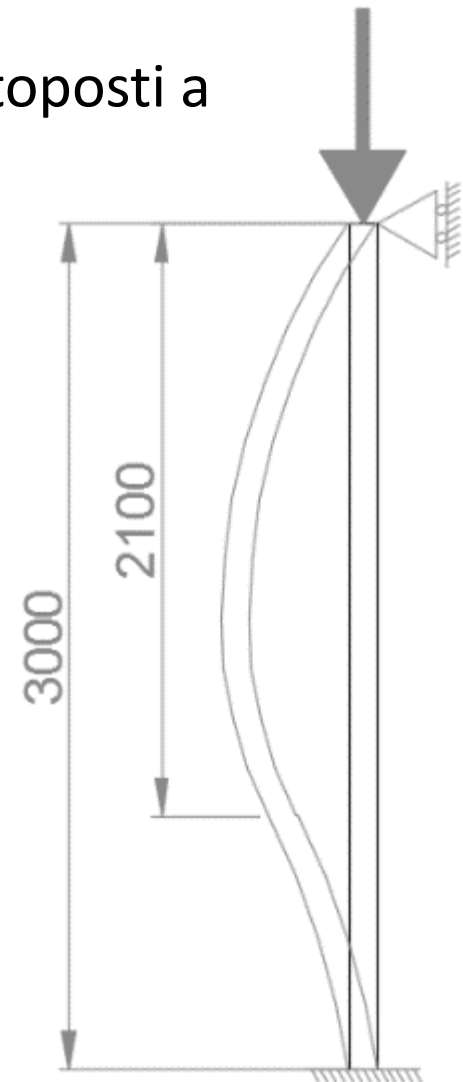
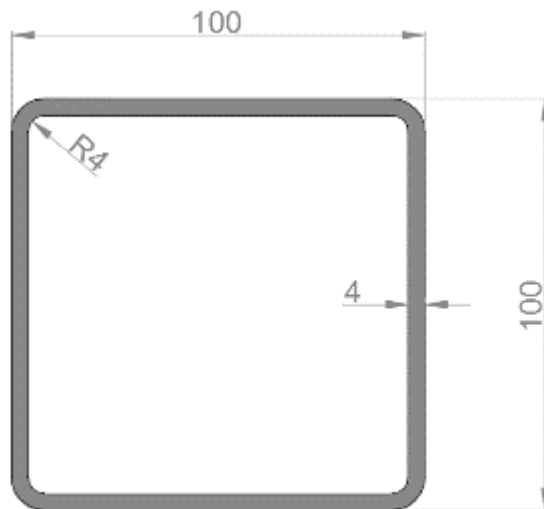
Eurocodice 3 Curve di buckling a flessione



Eurocodice 3 Esempio di buckling a flessione

- Profili cavi rettangolari formati a freddo sottoposti a compressione concentrica

	Acciaio al carbonio	Acciaio inossidabile austenitico
Materiale	S235	EN 1.4301
f_y [N/mm ²]	235	230
E [N/mm ²]	210000	200000



Eurocodice 3 Esempio di buckling a flessione

EC 3-1-1: S235

- Classificazione

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 1$$

- Tutte le parti interne

$$c/t = 21 < 33 = 33\varepsilon$$

Classe 1

Profilato trasversale = classe 1

EC 3-1-4: Austenitico

- Classification

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y} \frac{E}{210000}} = 0,99$$

- All internal parts

$$c/t = 21 < 25,35 = 25,7\varepsilon$$

Class 1

Cross-section = class 1

Eurocodice 3 Esempio di buckling a flessione

	EC 3-1-1: S355	EC 3-1-4: Duplex
A [mm ²]	1495	1495
f_y [N/mm ²]	235	230
γ_{M0} [-]	1	1,1
$N_{c,Rd}$ [kN]	351	313
L_{cr} [mm]	2100	2100
λ_1 [-]	93,9	92,6
$\bar{\lambda}$ [-]	0,575	0,583
α [-]	0,49	0,49
$\bar{\lambda}_0$ [-]	0,2	0,4
ϕ [-]	0,76	0,71
χ [-]	0,80	0,89
γ_{M1} [-]	1	1,1
$N_{b,Rd}$ [kN]	281	277

Eurocodice 3 Esempio di buckling flessurale

■ Confronto

	EC 3-1-1: S235	EC 3-1-4: Austenitico
f_y [N/mm ²]	235	230
γ_{M0} [-]	1,0	1,1
γ_{M1} [-]	1,0	1,1
Profilato trasversale	351	313
$N_{c,Rd}$ [kN]		
Stabilità $N_{b,Rd}$ [kN]	281	277

- In questo esempio, l'acciaio al carbonio e l'acciaio inossidabile presentano una resistenza simile al buckling flessurale
⇒ **vantaggi** dell'incrudimento non evidenti
EC3 1-4 non tiene debitamente conto dell'incrudimento

Buckling torsionale laterale

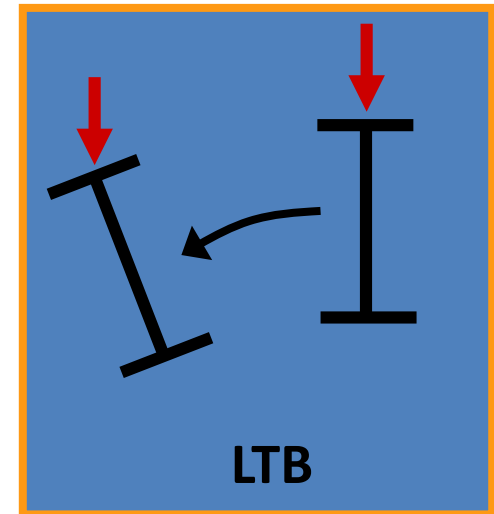
- Può essere ignorato se:

- Piegatura dell'asse minore

- Barra quadra, circolare, CHS, SHS

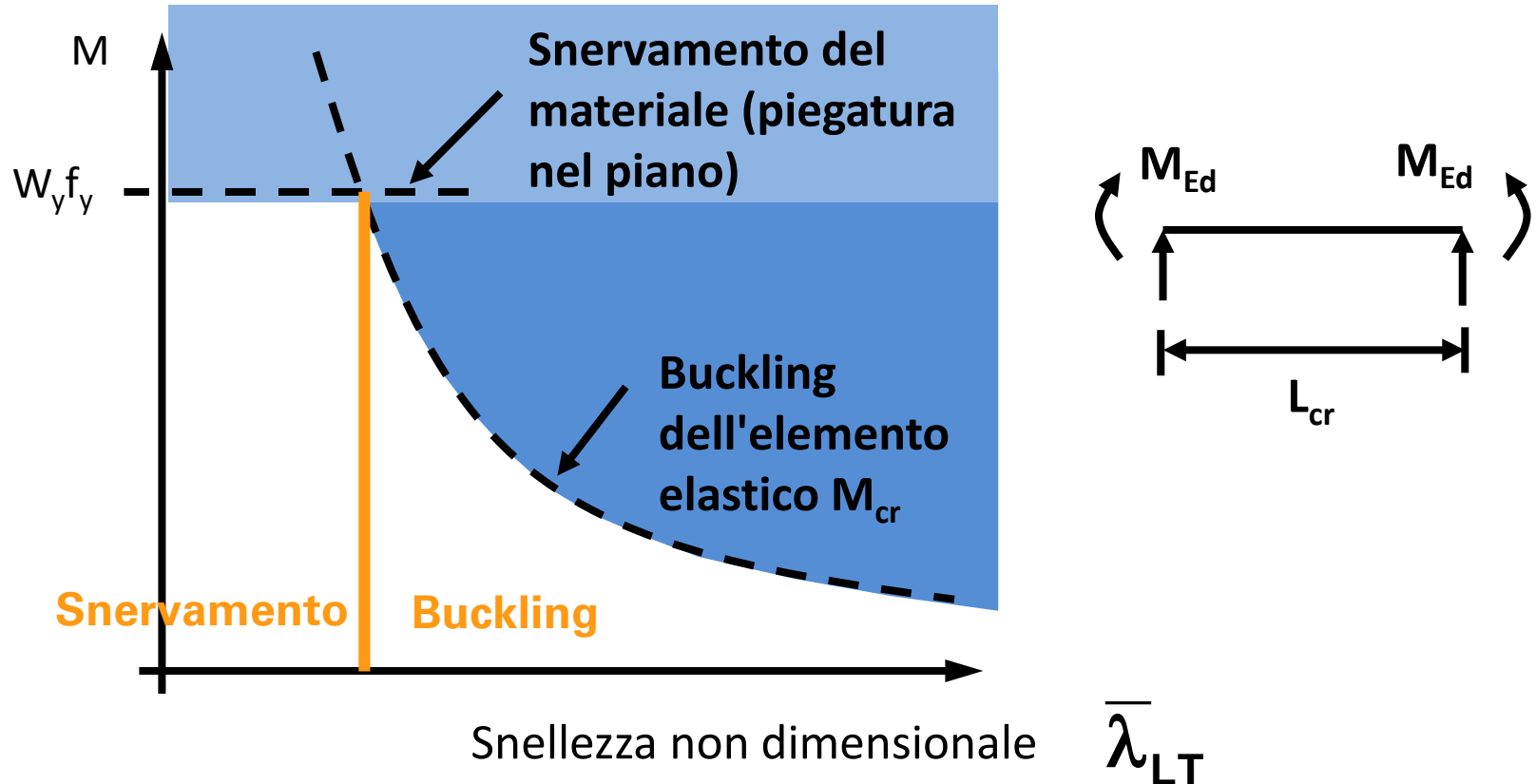
- Travi completamente vincolate lateralmente

- $\bar{\lambda}_{LT} < 0.4$



Buckling torsionale laterale

- L'approccio di progettazione per il buckling torsionale laterale è analogo al trattamento del buckling della colonna.



Buckling torsionale laterale

- La resistenza del buckling di progettazione $M_{b,Rd}$ di una trave non vincolata lateralmente (o profilo di una trave) dovrebbe essere considerata come:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

Fattore di riduzione per LTB

Buckling torsionale laterale

- Le curve di buckling torsionale laterale sono indicate sotto:

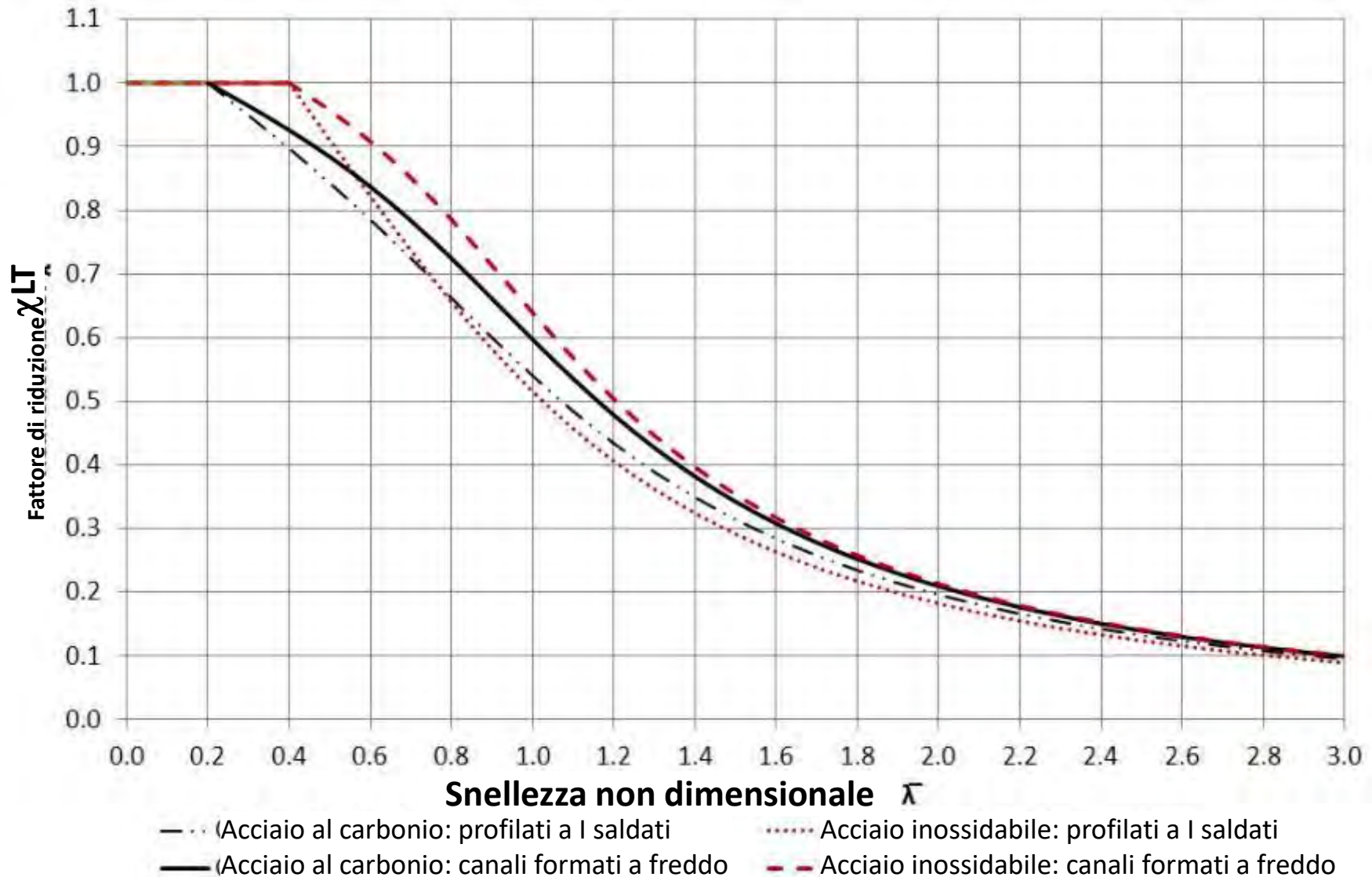
$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \quad \text{but } \chi_{LT} \leq 1.0$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0.4) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

Lunghezza plateau

Fattore di imperfezione

Eurocodice 3 Curve di buckling torsionale laterale



Snellezza non dimensionale

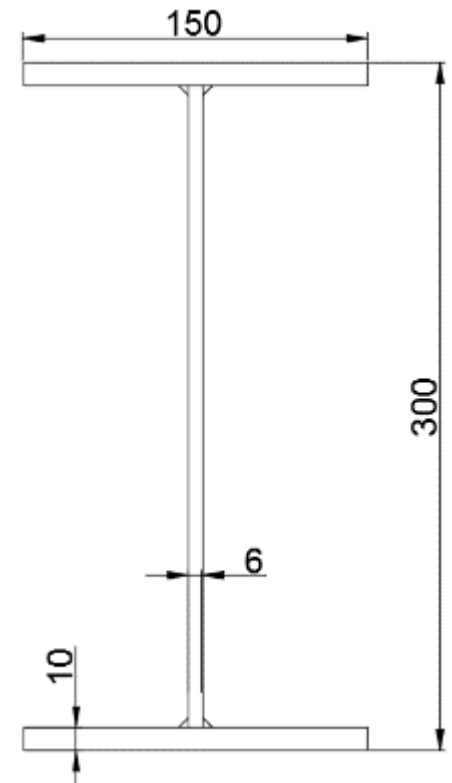
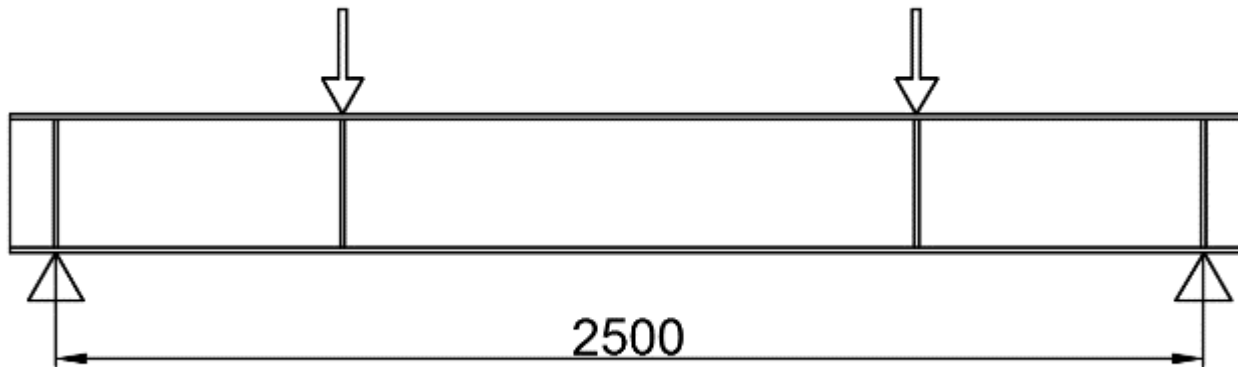
- Snellezza di buckling torsionale laterale:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}}$$

- Curve di buckling come per compressione (eccetto curva a_0)
- W_y dipende dalla classificazione del profilato
- M_{cr} è il momento LTB critico elastico

Eurocodice 3 Esempio di buckling torsionale laterale

- Trave a I sottoposta a piegatura



	Acciaio al carbonio	Acciaio inossidabile duplex
Materiale	S355	EN 1.4162
f_y [N/mm ²]	355	450
E [N/mm ²]	210000	200000

Eurocodice 3 Esempio di buckling torsionale laterale

EC 3-1-1: S355

■ Classification

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,81$$

— Flange

$$c/t = 6,78 < 7,3 = 9\varepsilon$$

Class 1

— Web

$$c/t = 45,3 < 58,3 = 72\varepsilon$$

Class 1

Cross-section = class 1

EC 3-1-4: Duplex

■ Classification

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y} \frac{E}{210000}} = 0,71$$

— Flange

$$c/t = 6,78 < 7,76 = 11\varepsilon$$

Class 3

— Web

$$c/t = 45,3 < 58,3 = 72\varepsilon$$

Class 3

Cross-section = class 3

Eurocodice 3 Esempio di buckling torsionale laterale

EC 3-1-1: S355

- Ultimate moment

- Class 1

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 196 \text{ kNm}$$

EC 3-1-4: Duplex

- Ultimate moment

- Class 3

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 202 \text{ kNm}$$

Revision EC 3-1-4:

- Classification limits: closer to carbon steel

- Cross-section = class 2

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 226 \text{ kNm}$$

Eurocodice 3 Esempio di buckling torsionale laterale

Momento di buckling elastico critico:

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{(k_z L)^2} \left\{ \sqrt{\left[\left(\frac{k_z}{k_\omega} \right)^2 \frac{I_\omega}{I_z} + \frac{(k_z L)^2 GI_T}{\pi^2 EI_z} + (C_2 z_g)^2 \right]} - C_2 z_g \right\}$$

	EC 3-1-1: S355	EC 3-1-4: duplex
C_1 [-]	1,04	1,04
C_2 [-]	0,42	0,42
k_z [-]	1	1
k_ω [-]	1	1
z_g [mm]	160	160
I_z [mm ⁴]	5,6·10 ⁶	5,6·10 ⁶
I_T [mm ⁴]	1,2·10 ⁵	1,2·10 ⁵
I_ω [mm ⁶]	1,2·10 ¹¹	1,2·10 ¹¹
E [MPa]	210000	200000
G [MPa]	81000	77000
M_{cr} [kNm]	215	205

Eurocodice 3 Esempio di buckling torsionale laterale

Resistenza al buckling torsionale laterale

	EC 3-1-1: S355	EC 3-1-4: Duplex	EC 3-1-4: Revisione futura
W_y [mm ³]	5,5.10⁵	4,9.10⁵	5,5.10⁵
f_y [N/mm ²]	355	450	450
M_{cr} [kNm]	215	205	205
$\bar{\lambda}_{LT}$ [-]	0,96	1,04	1,10
α_{LT} [-]	0,49	0,76	0,76
$\bar{\lambda}_{LT,0}$ [-]	0,2	0,4	0,4
ϕ_{LT} [-]	1,14	1,29	1,37
χ_{LT} [-]	0,57	0,49	0,46
γ_{M1} [-]	1,0	1,1	1,1
$M_{b,Rd}$ [kNm]	111	99	103

Eurocodice 3 Esempio di buckling torsionale laterale

- Confronto

	EC 3-1-1: S355	EC 3-1-4: Duplex	EC 3-1-4: Revisione futura
f_y [N/mm ²]	355	450	450
γ_{M0} [-]	1,0	1,1	1,1
γ_{M1} [-]	1,0	1,1	1,1
Profilato trasversale $M_{c,Rd}$	196	202	226
Stabilità $M_{b,Rd}$	111	99	103

- In questo esempio, l'acciaio al carbonio e l'acciaio inossidabile presentano una resistenza analoga a LTB
- Tuttavia: prove e casi di letteratura attuali dimostrano che i risultati EC3-1-4 devono essere adattati per essere più vicini alla realtà
⇒ **troppo conservativi**
(saranno mostrati nell'esempio sui metodi degli elementi finiti)

Sezione 4

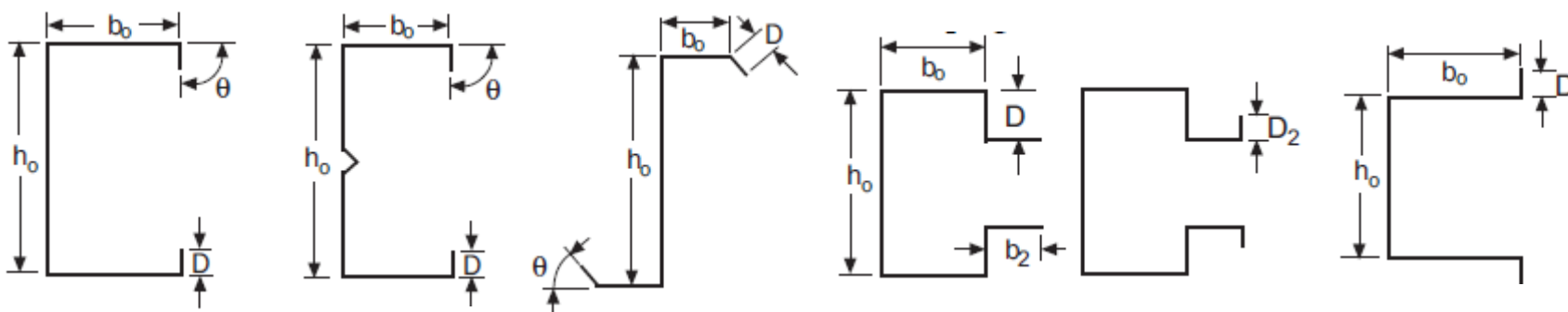
Metodi alternativi

Metodi alternativi

- Metodo della resistenza diretta (DSM)
 - Parte del codice americano
 - Per profili a parete sottile
- Metodo della resistenza continua (CSM)
 - Comprende gli effetti benefici dell'incrudimento
- Metodi degli elementi finiti
 - Più noioso
 - Può comprendere tutte le specificità del modello

Metodo della resistenza diretta

- AISI Appendice 1
- Metodo molto semplice e diretto
- Usato per i profilati a parete sottile

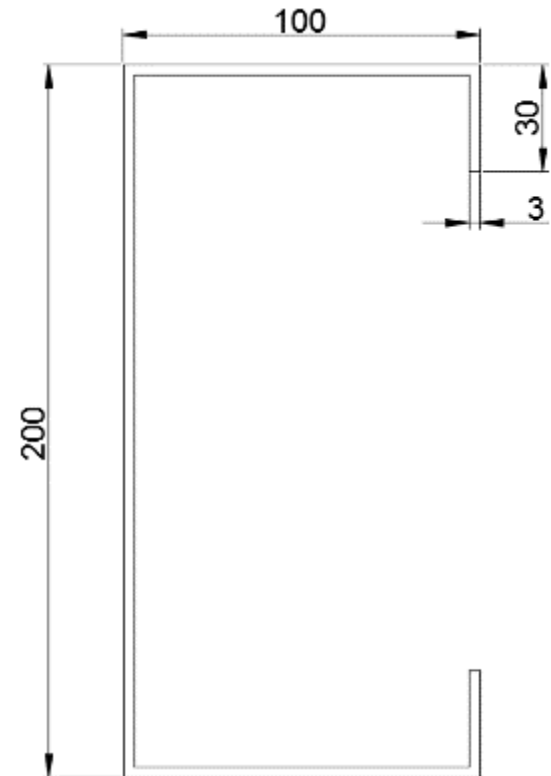


- Ma richiede una "analisi del buckling elastico"
 - Metodo teorico fornito in letteratura
 - Metodo delle strisce finite (ad esempio CUFSM)
- Maggiori informazioni: <http://www.ce.jhu.edu/bschafer/>

Metodo della resistenza diretta - esempio

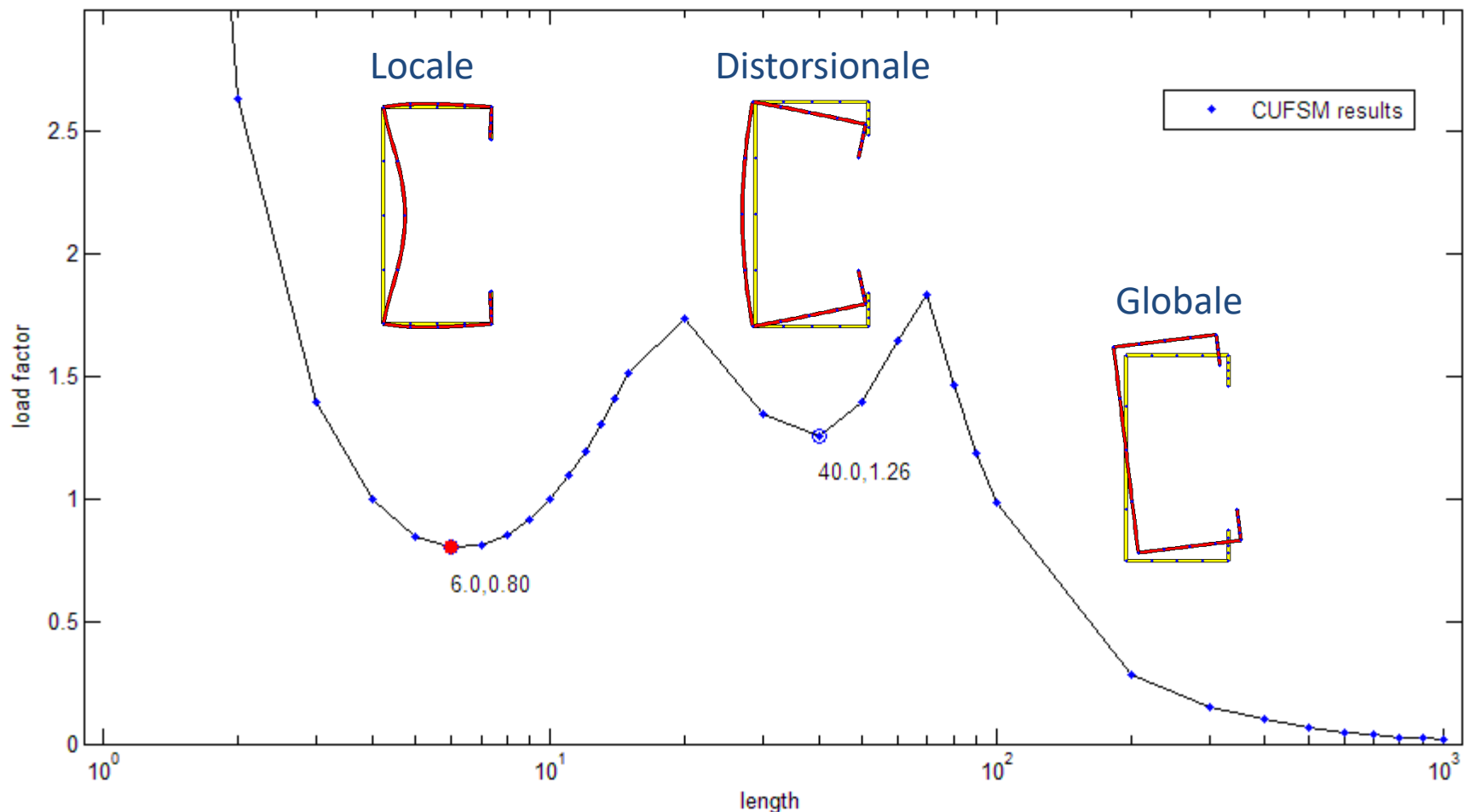
- Canale a C con labbro sottoposto a compressione
 - Colonna con supporto semplice
 - Lunghezza colonna: 5m

	Acciaio inossidabile ferritico
Materiale	EN 1.4003
f_y [N/mm ²]	280
f_u [N/mm ²]	450
E [N/mm ²]	220000



Metodo della resistenza diretta - esempio

- Primo passo: Analisi del buckling elastico



Metodo della resistenza diretta - esempio

- Produzione dell'analisi = “Carico di buckling critico elastico”
 - Nell'esempio, il fattore di carico dall'analisi del buckling elastico equivale a:
 - Per buckling locale: 0,80
 - Per buckling distorsionale: 1,26
 - Per buckling globale: 0,28

- Secondo passo: Calcolo delle resistenze nominali per
 - Buckling locale \Rightarrow un'equazione
 - Buckling distorsionale \Rightarrow un'equazione
 - Buckling globale \Rightarrow un'equazione

Metodo della resistenza diretta - esempio

- Nominal global buckling strength P_{ne}

- $\lambda_c = \sqrt{P_y/P_{cre}} = 1,88$

- $P_y = Af_y = 376 \text{ kN}$

- $P_{cre} = 0,28 * 376 = 107 \text{ kN}$

For $\lambda_c \leq 1,5$ $P_{ne} = (0,658^{\lambda_c^2})P_y$

For $\lambda_c > 1,5$ $P_{ne} = \left(\frac{0,877}{\lambda_c^2}\right)P_y$

- $P_{ne} = 93,81 \text{ kN}$

Metodo della resistenza diretta - esempio

- Nominal local buckling strength P_{nl}

- $\lambda_l = \sqrt{P_{ne}/P_{crl}} = 0,56$

- $P_{crl} = 0,80 * 376 = 302 \text{ kN}$

For $\lambda_l \leq 0,776$

$$P_{nl} = P_{ne}$$

For $\lambda_l > 0,776$

$$P_{nl} = \left[1 - 0,15 \left(\frac{P_{crl}}{P_{ne}} \right)^{0,4} \right] \left(\frac{P_{crl}}{P_{ne}} \right)^{0,4} P_{ne}$$

- $P_{nl} = 93,81 \text{ kN}$

Metodo della resistenza diretta - esempio

- Nominal distortional buckling strength P_{nd}

- $\lambda_d = \sqrt{P_y/P_{crd}} = 0,89$

- $P_{crd} = 1,26 * 376 = 473 \text{ kN}$

For $\lambda_d \leq 0,561$

$$P_{nd} = P_y$$

For $\lambda_d > 0,561$

$$P_{nd} = \left[1 - 0,25 \left(\frac{P_{crd}}{P_y} \right)^{0,6} \right] \left(\frac{P_{crd}}{P_y} \right)^{0,6} P_y$$

- $P_{nd} = 344,56 \text{ kN}$

Metodo della resistenza diretta - esempio

- Terzo passo: La resistenza assiale è "solo" il valore minimo delle tre resistenze nominali
 - Locale: $P_{nl} = 93,81 \text{ kN}$
 - Distorsionale: $P_{nd} = 344,56 \text{ kN}$
 - Globale: $P_{ne} = 93,81 \text{ kN}$

$$\Rightarrow P_n = 93,81 \text{ kN}$$

Metodo della resistenza continua

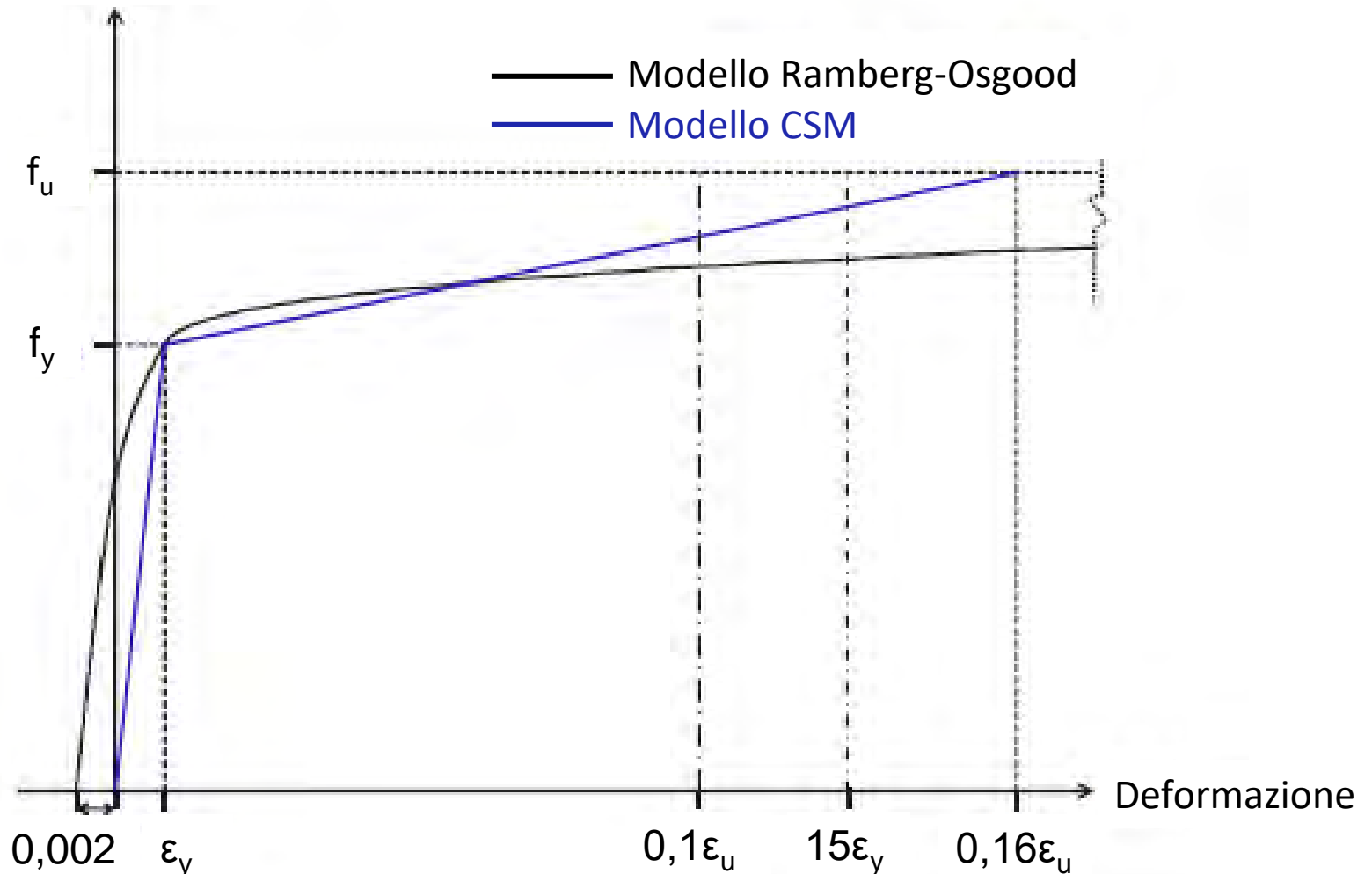
- Caratteristiche del materiale acciaio inossidabile:
 - Modello del materiale non lineare
 - Indurimento elevato
 - Metodi di progettazione convenzionale non in grado di tener conto del potenziale completo del profilato trasversale

Il metodo della resistenza continua utilizza un modello di materiale che include l'incrudimento

Metodo della resistenza continua

- Modello di materiale considerato nel CSM:

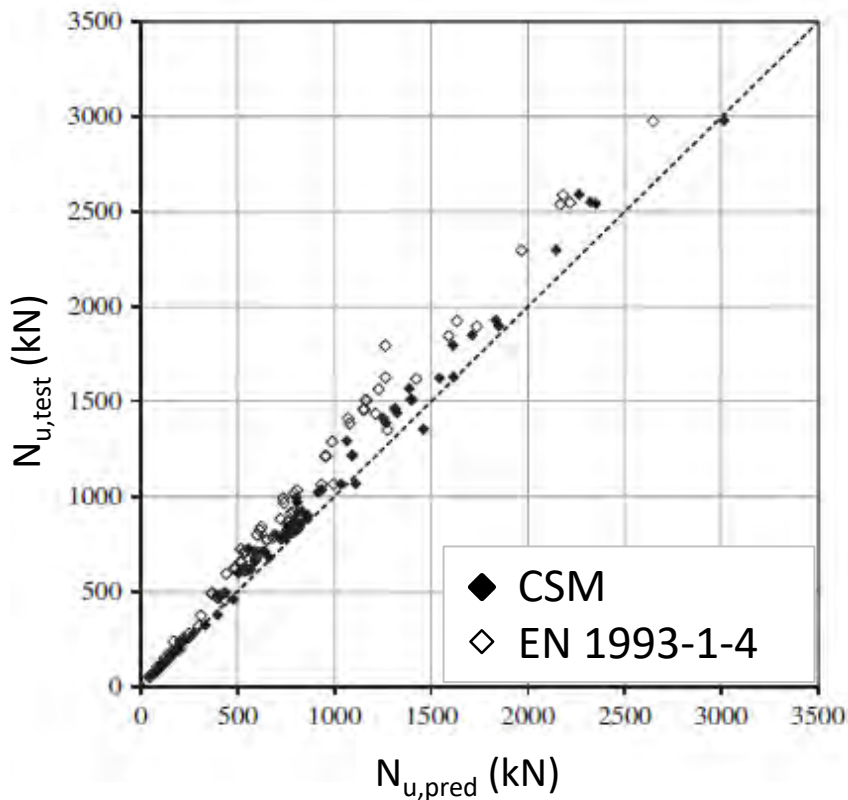
Sollecitazione



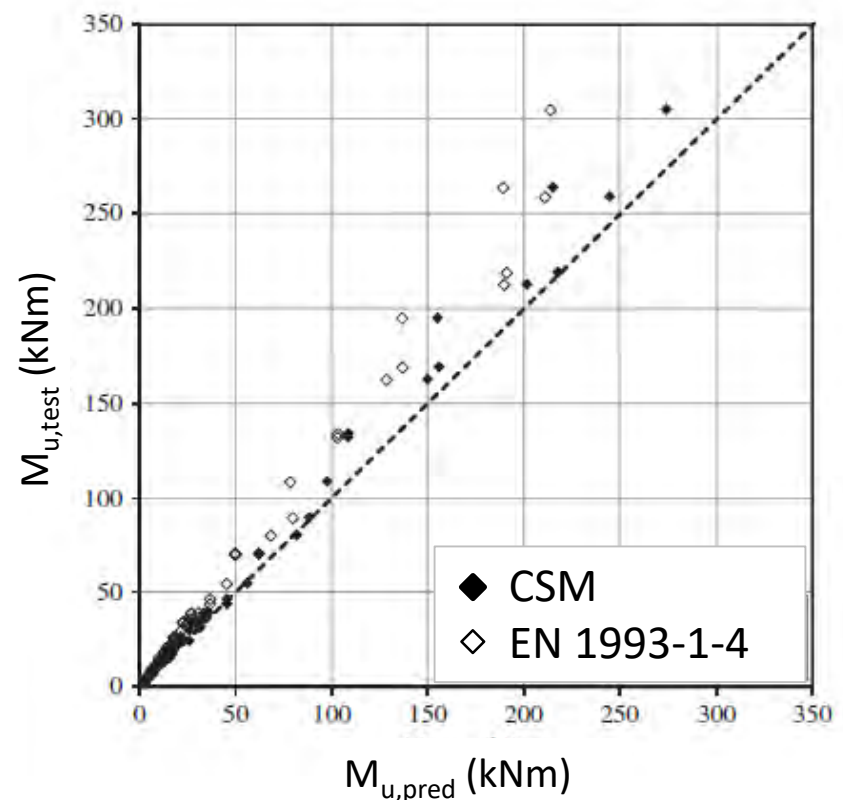
Metodo della resistenza continua

- Confronto tra previsioni EC3 e CSM versus prove:

In compressione



In piegatura

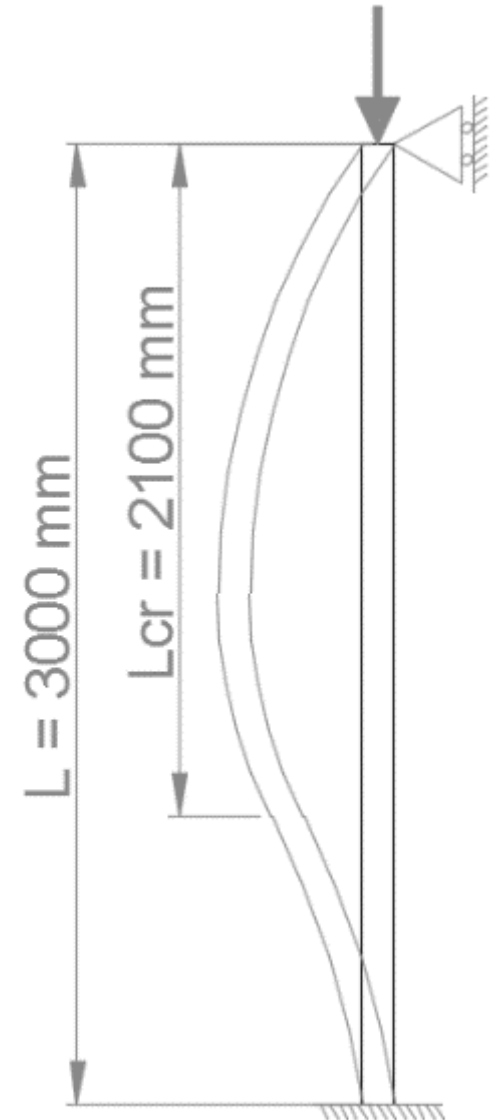
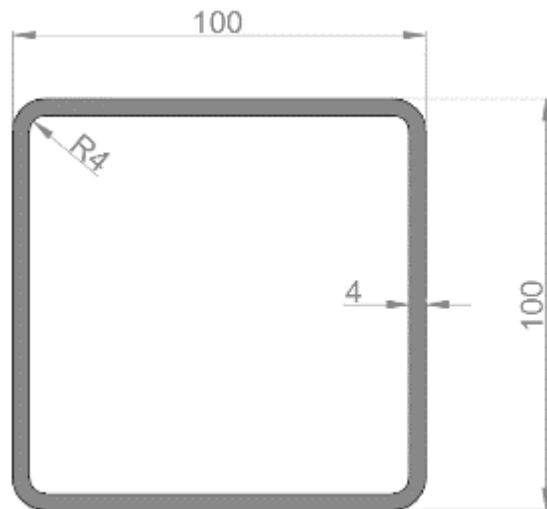


CSM è in grado di descrivere con precisione il comportamento del profilato trasversale

CSM: Esempio di buckling a flessione

- Profili cavi rettangolari formati a freddo sottoposti a compressione concentrica (esempio della slide 51)

Acciaio inossidabile austenitico	
Materiale	EN 1.4301
f_y [N/mm ²]	230
E [N/mm ²]	200000



CSM: esempio di buckling a flessione

$$f_y = 230 \text{ N/mm}^2$$

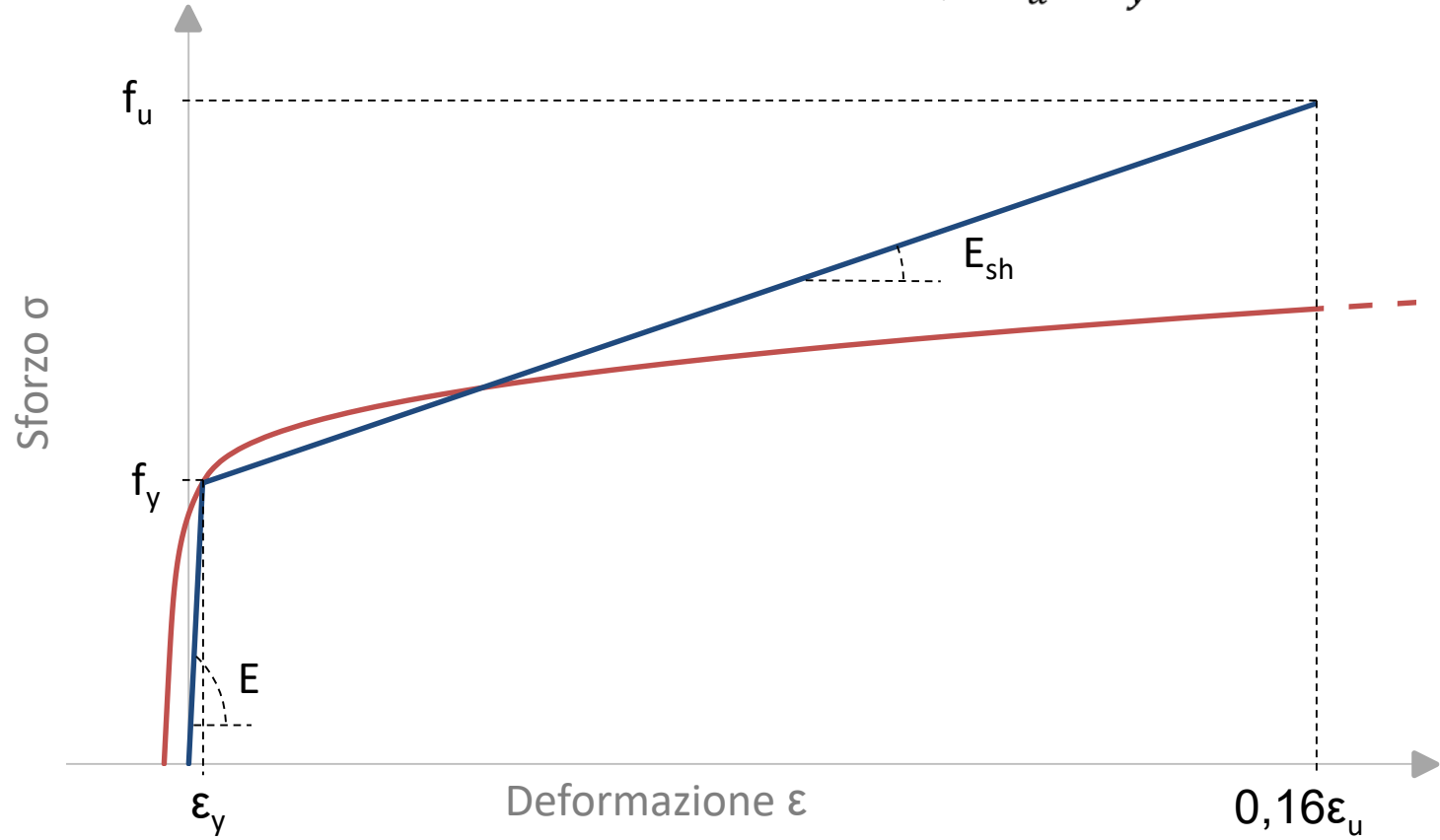
$$E = 200000 \text{ N/mm}^2$$

$$\varepsilon_y = f_y / E = 0,0012$$

$$f_u = 540 \text{ N/mm}^2$$

$$0,16\varepsilon_u = 0,16(1 - f_y/f_u) = 0,0919$$

$$E_{sh} = \frac{f_u - f_y}{0,16\varepsilon_u - \varepsilon_y} = 3418 \text{ N/mm}^2$$



CSM: esempio di buckling a flessione

$$f_y = 230 \text{ N/mm}^2$$

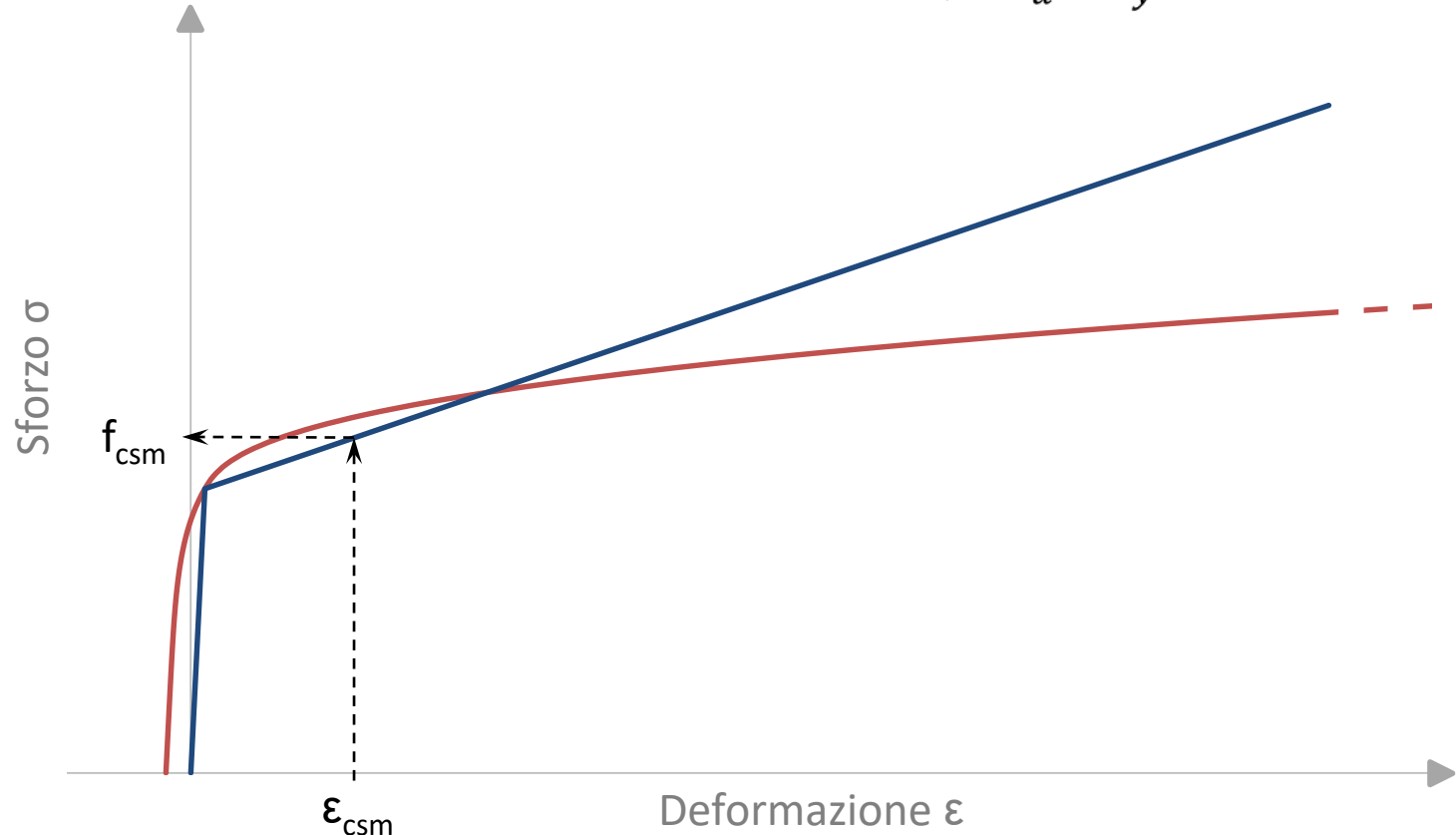
$$E = 200000 \text{ N/mm}^2$$

$$\varepsilon_y = f_y / E = 0,0012$$

$$f_u = 540 \text{ N/mm}^2$$

$$0,16\varepsilon_u = 0,16(1 - f_y/f_u) = 0,0919$$

$$E_{sh} = \frac{f_u - f_y}{0,16\varepsilon_u - \varepsilon_y} = 3418 \text{ N/mm}^2$$



CSM: esempio di buckling a flessione

- $\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr,cs}}} = 0,60$
 - $\sigma_{cr,cs}$ = elastic buckling stress of the full cross-section allowing for element interaction
- $\frac{\varepsilon_{csm}}{\varepsilon_y} = \frac{0,25}{\bar{\lambda}_p^{3,6}} = 5,27$
- $f_{csm} = f_y + E_{sh} \varepsilon_y \left(\frac{\varepsilon_{csm}}{\varepsilon_y} - 1 \right) = 247 \text{ N/mm}^2$
- $N_{c,Rd} = \frac{A f_{csm}}{\gamma_{M0}} = 335 \text{ kN}$

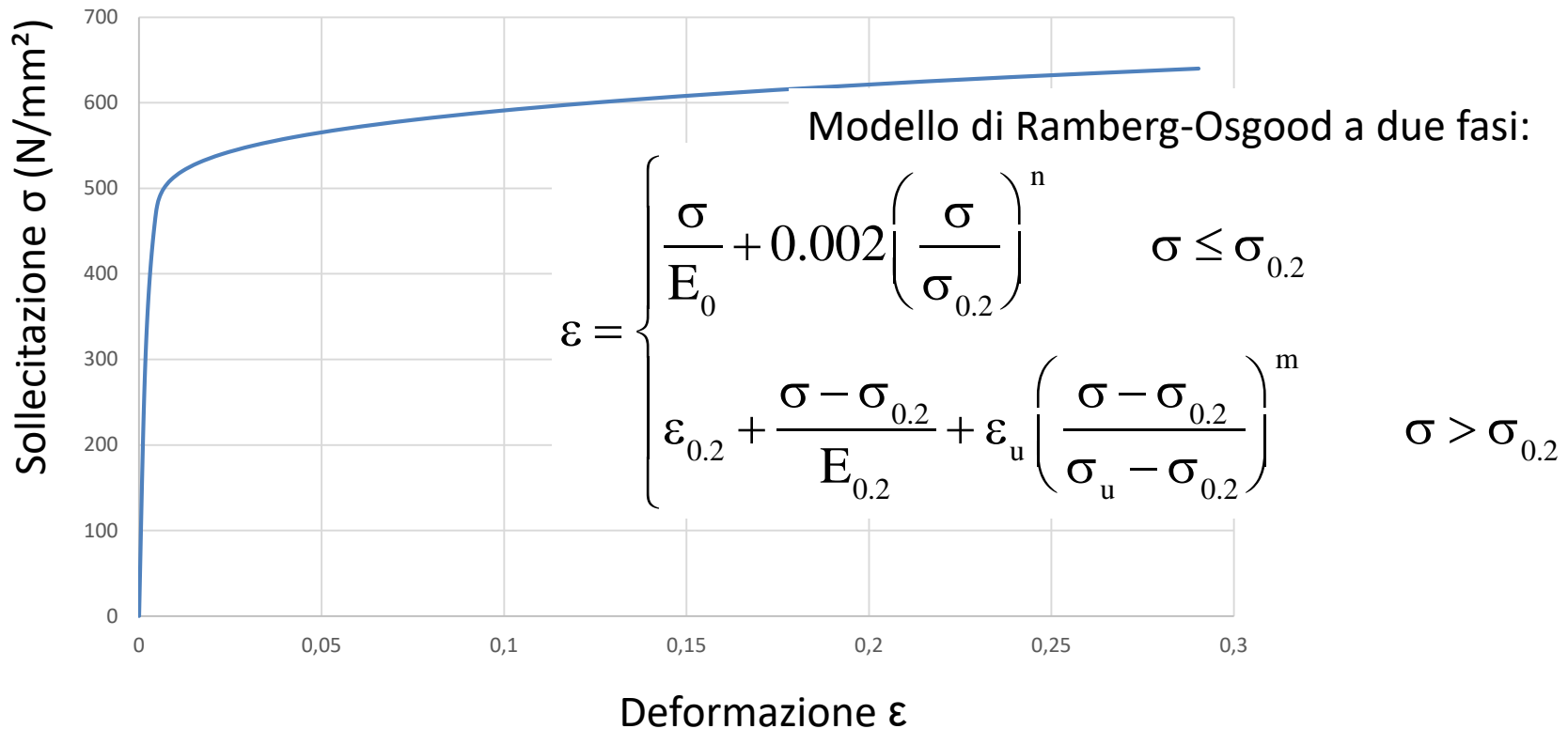
CSM: esempio di buckling a flessione

- $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{Af_{csm}}{N_{cr}}} = 0,60$
- $N_{b,Rd} = \chi \frac{Af_{csm}}{\gamma_{M1}} = 294 \text{ kN}$

	EC 3-1-1: S235	CSM: Austenitico	EC 3-1-4: Austenitico
f_y [N/mm ²]	235	230	230
γ_{M0} [-]	1,0	1,1	1,1
γ_{M1} [-]	1,0	1,1	1,1
Profilato trasversale	351	335	313
$N_{c,Rd}$ [kN]			
Stabilità $N_{b,Rd}$ [kN]	281	294	277

Modello agli elementi finiti

- La curva sforzo-deformazione del materiale può essere modellata con precisione (ad esempio utilizzando la legge di Ramberg-Osgood o i risultati delle prove di trazione misurati)



Modello agli elementi finiti

- I parametri non lineari sono forniti dalle seguenti espressioni (in base alla revisione di Rasmussen):

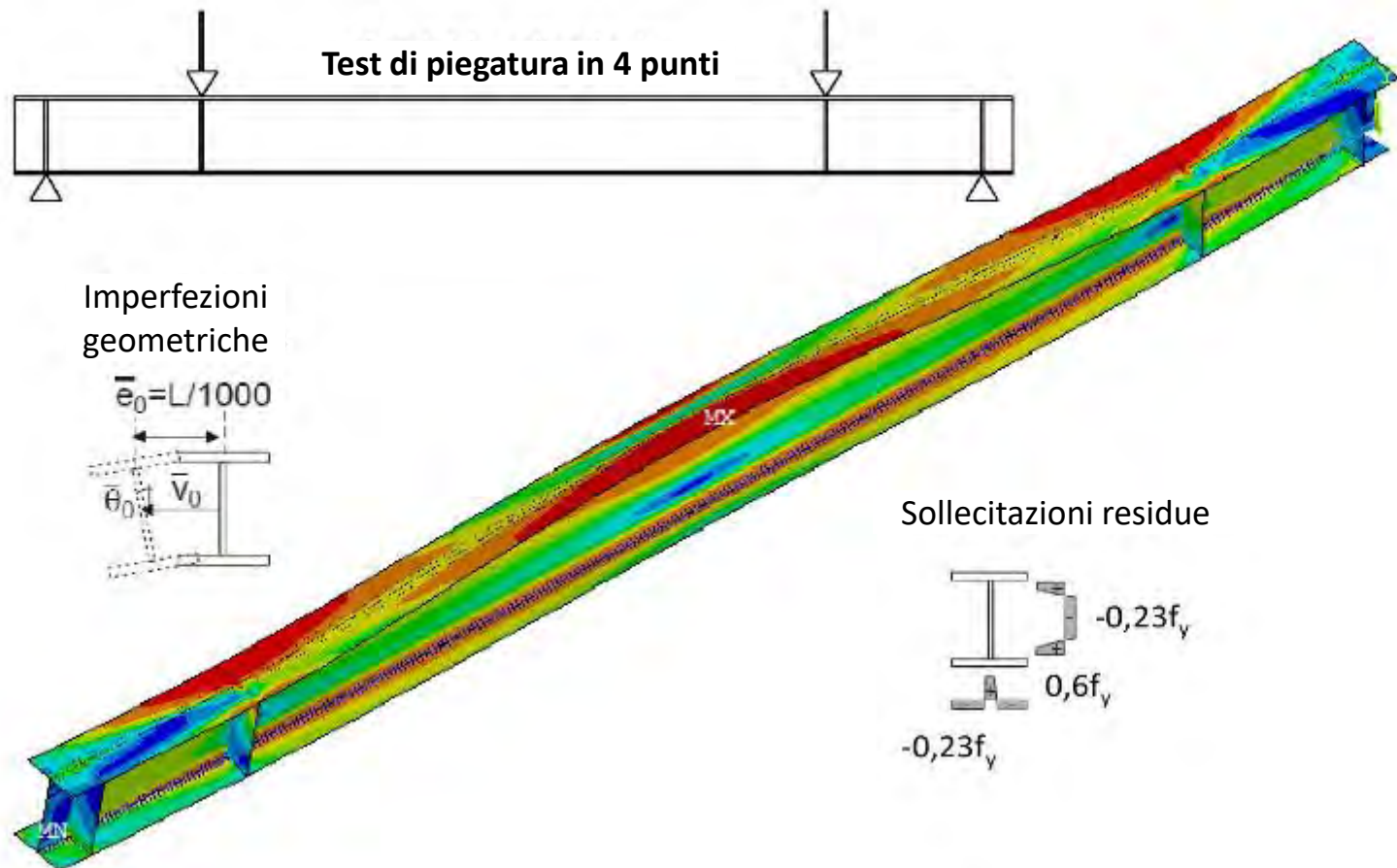
$$n = \frac{\ln(20)}{\ln\left(\frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_{0.01}}\right)} \quad m = 1 + 3.5 \frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_u} \quad E_{0.2} = \frac{E_0}{1 + 0.002n \frac{E_0}{\sigma_{0.2}}}$$

$$\varepsilon_u = 1 - \frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_u}$$

$$\frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_u} = \begin{cases} 0.2 + 185 \frac{\sigma_{0.2}}{E_0} & \text{for austenitic and duplex} \\ \frac{0.2 + 185 \frac{\sigma_{0.2}}{E_0}}{1 - 0.0375(n - 5)} & \text{for all stainless steel alloys} \end{cases}$$

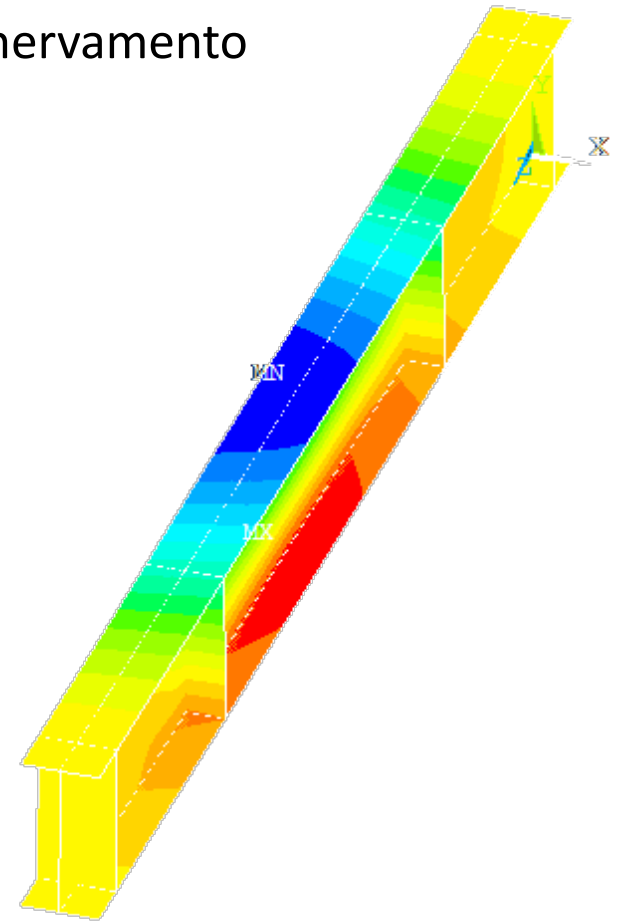
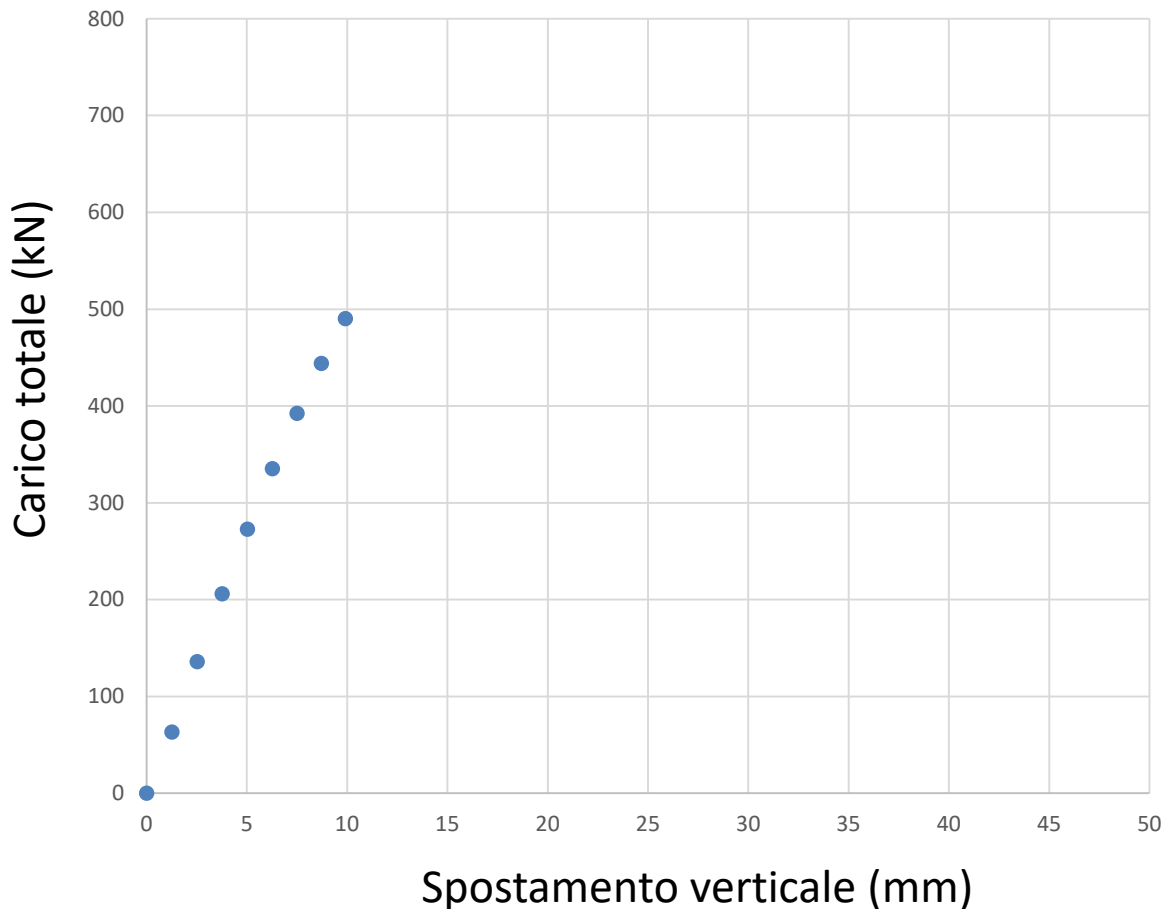
Modello agli elementi finiti

- Trave a I sottoposta a piegatura che subisce buckling torsionale laterale: tutte le imperfezioni possono essere modellate



Modello agli elementi finiti

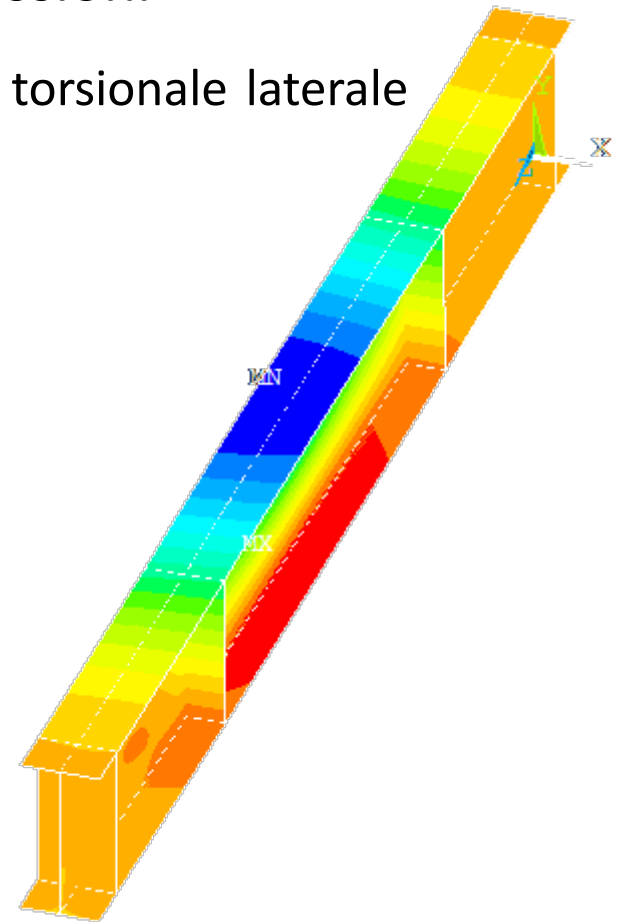
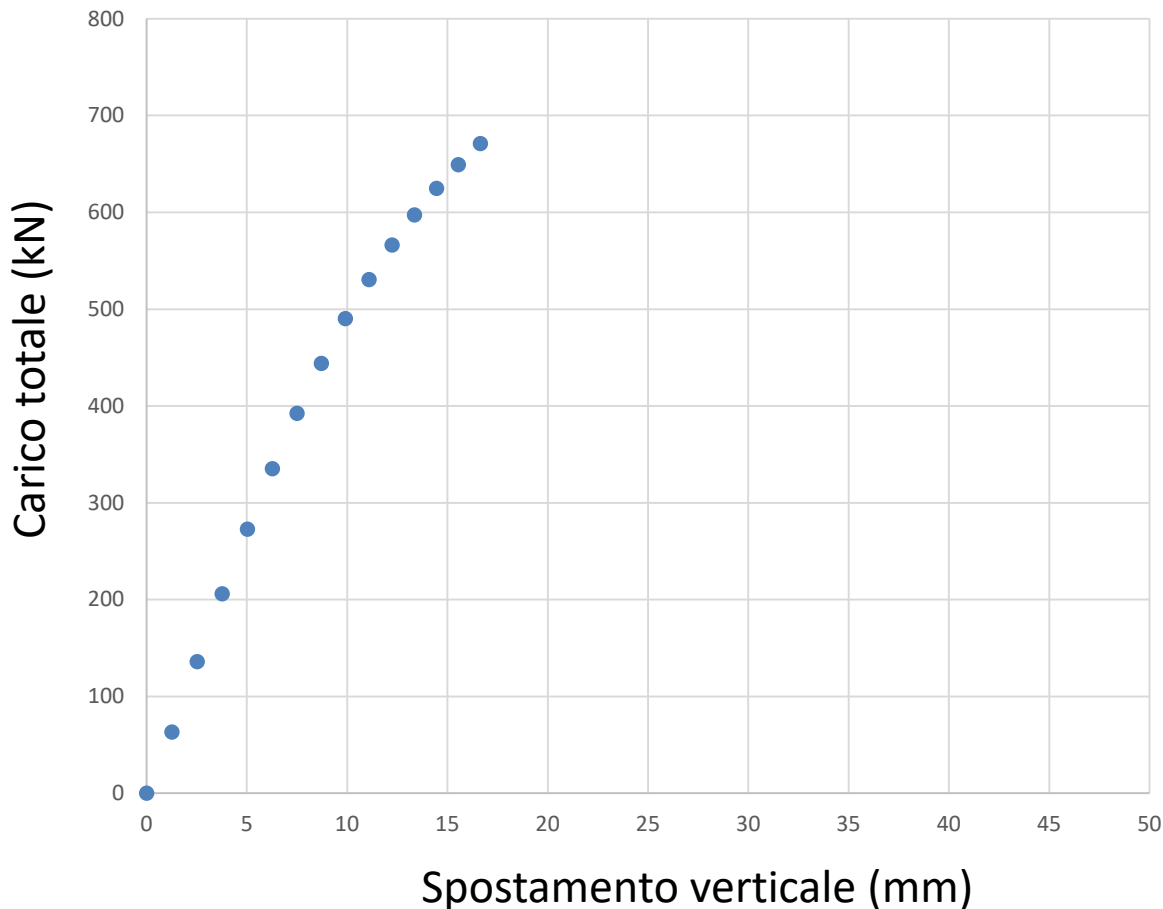
- È possibile calcolare la curva carico-deflessioni
 - Risultati: comportamento elastico e primo snervamento



Modello agli elementi finiti

- È possibile calcolare la curva carico-deflessioni

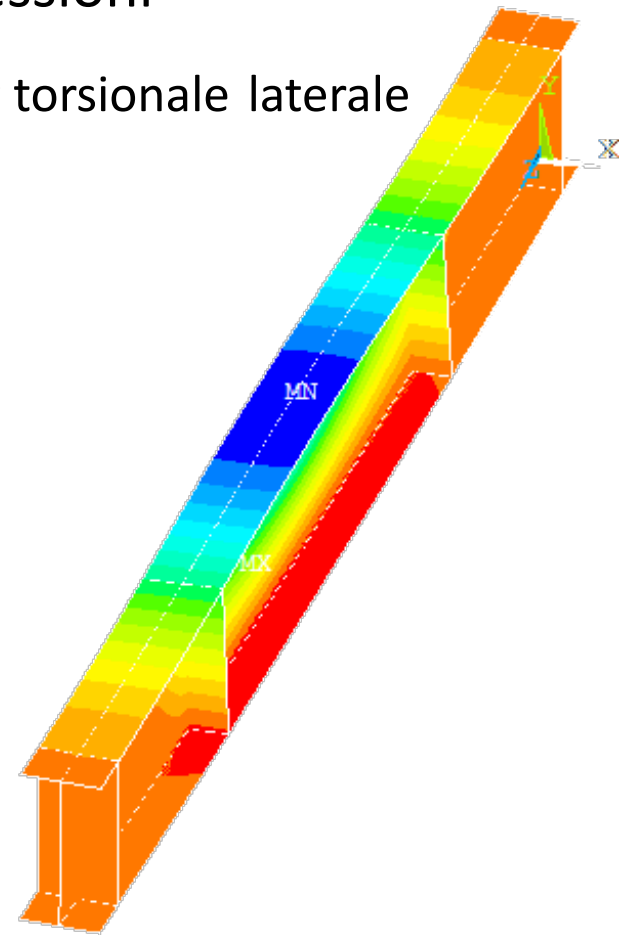
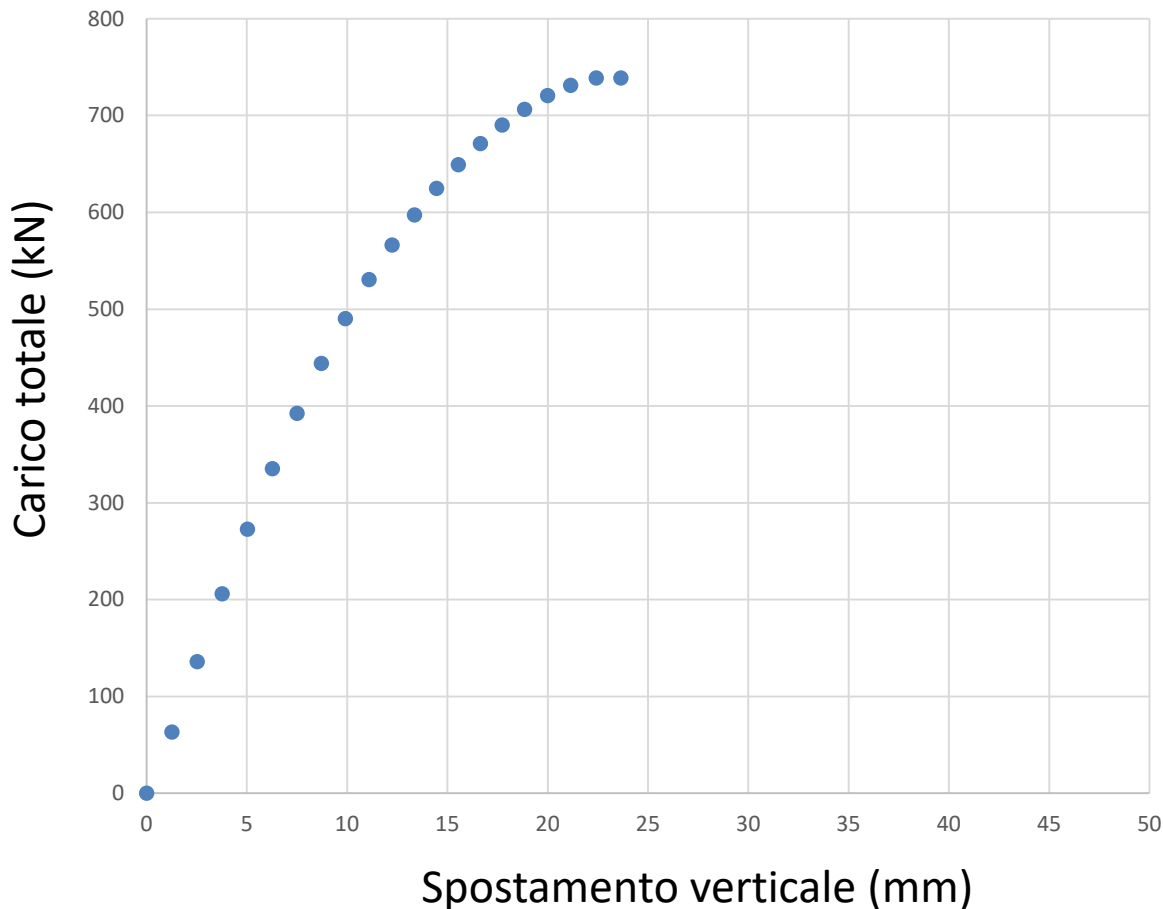
— Risultati: fenomeno di instabilità => buckling torsionale laterale



Modello agli elementi finiti

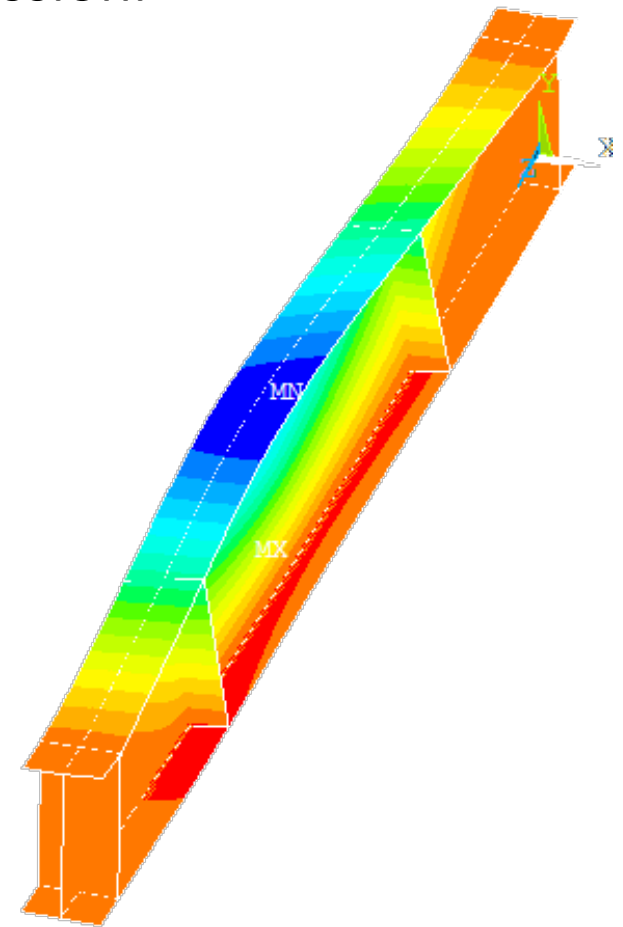
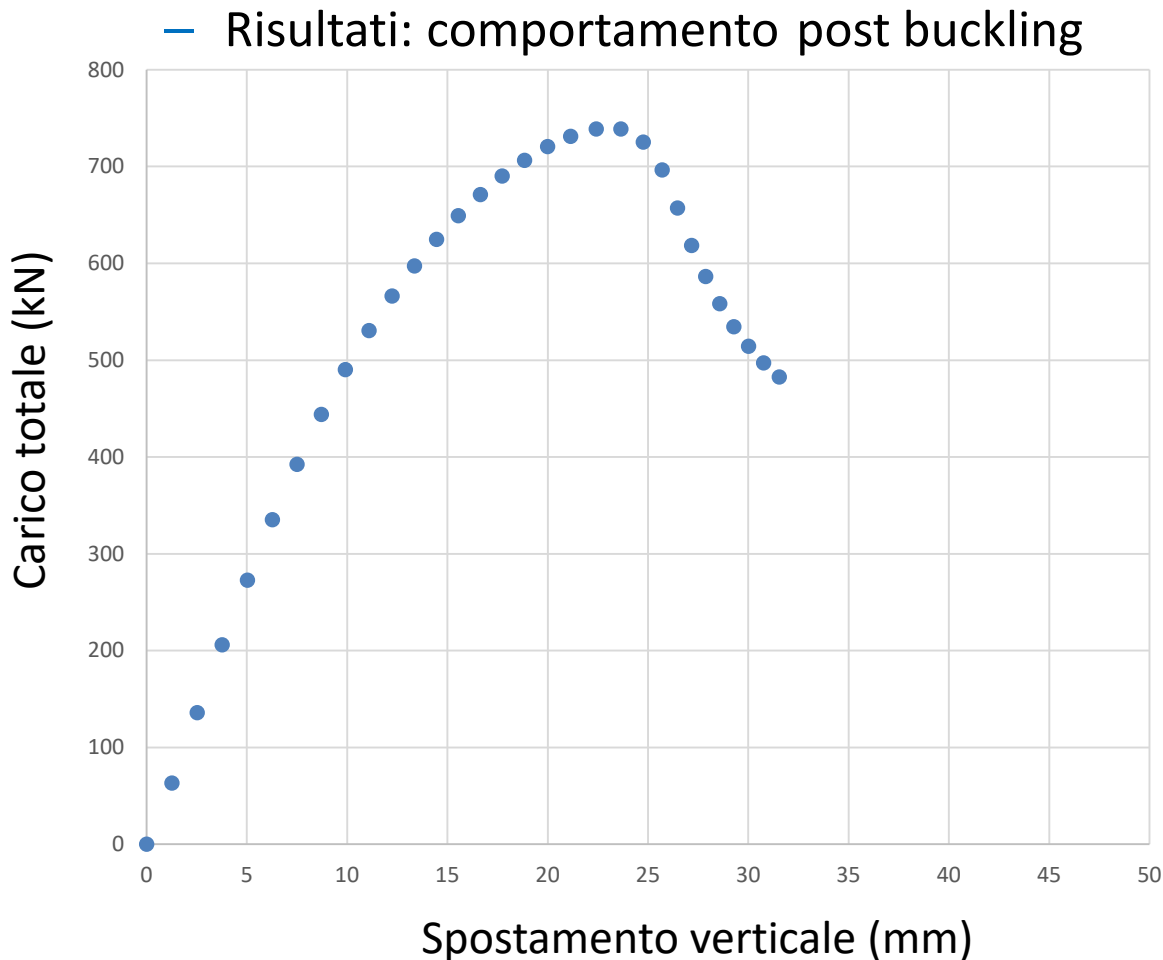
- È possibile calcolare la curva carico-deflessioni

— Risultati: fenomeno di instabilità => buckling torsionale laterale



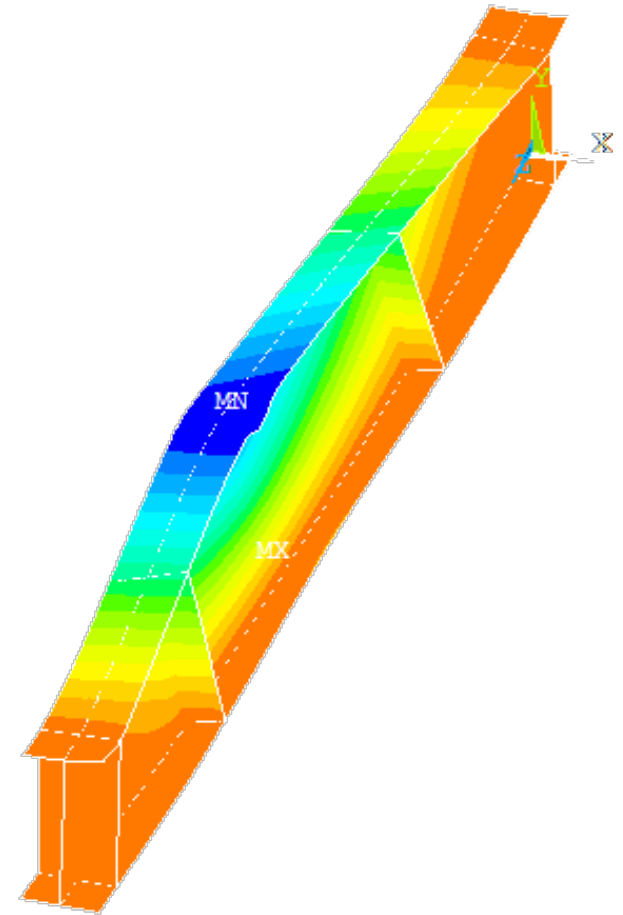
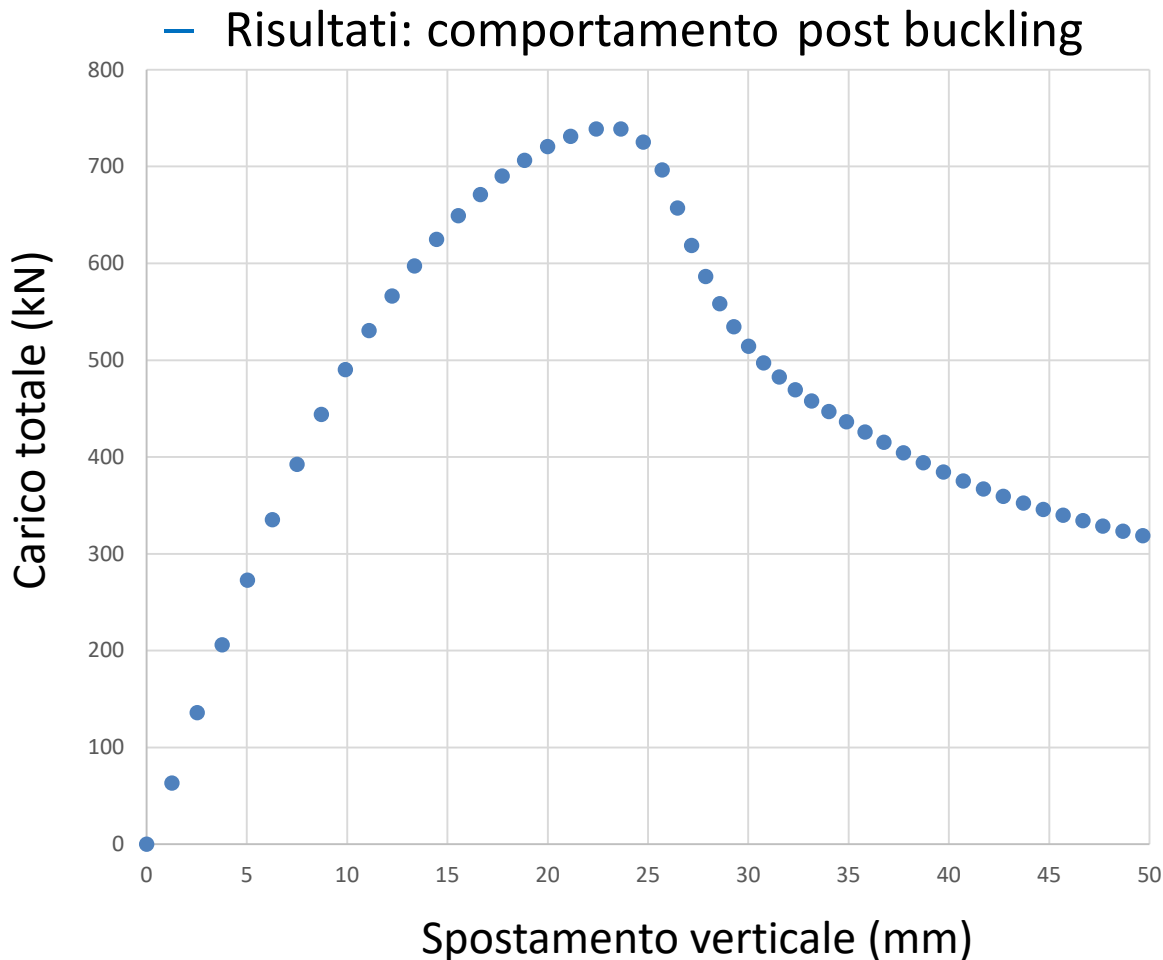
Modello agli elementi finiti

- È possibile calcolare la curva carico-deflessioni

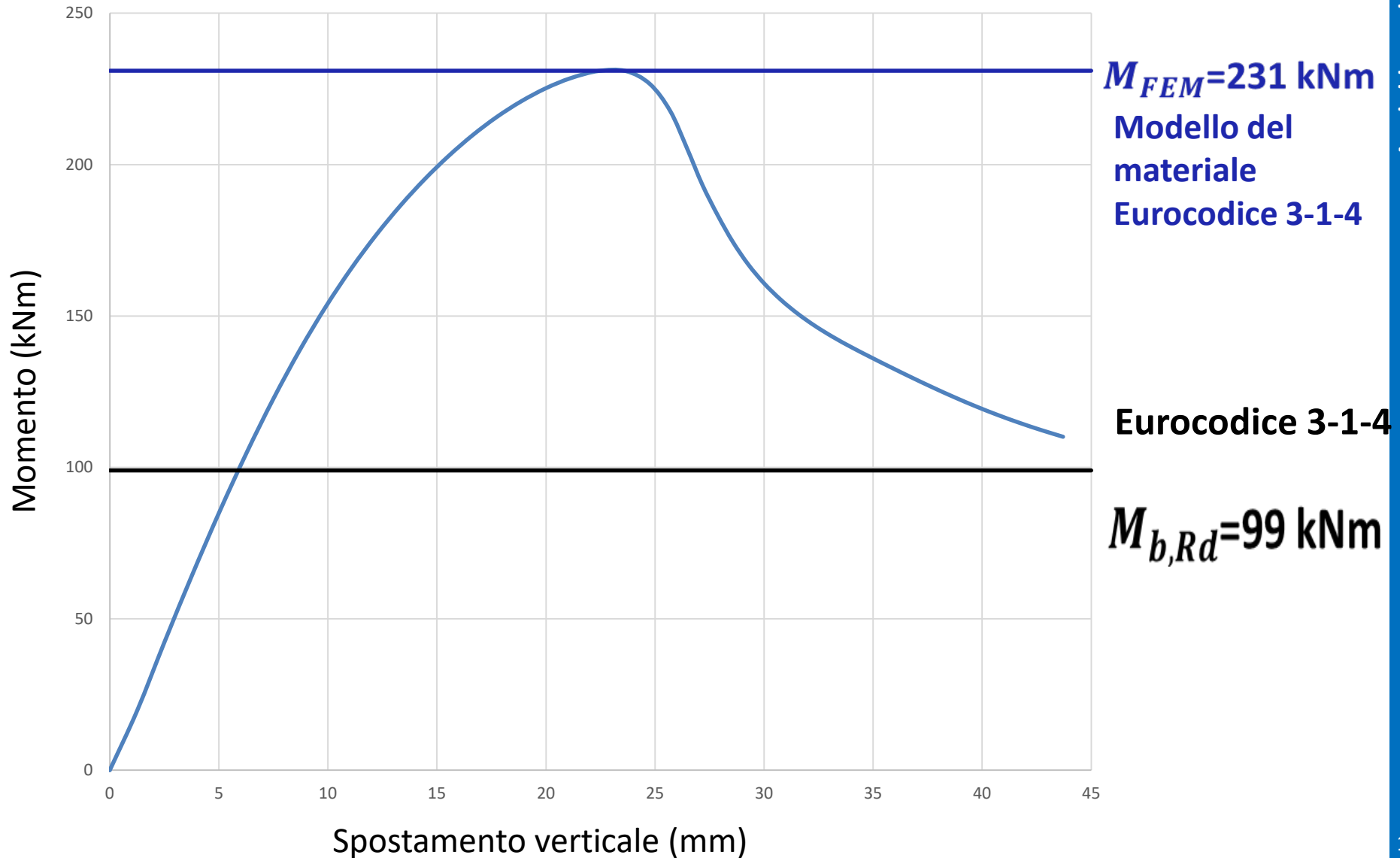


Modello agli elementi finiti

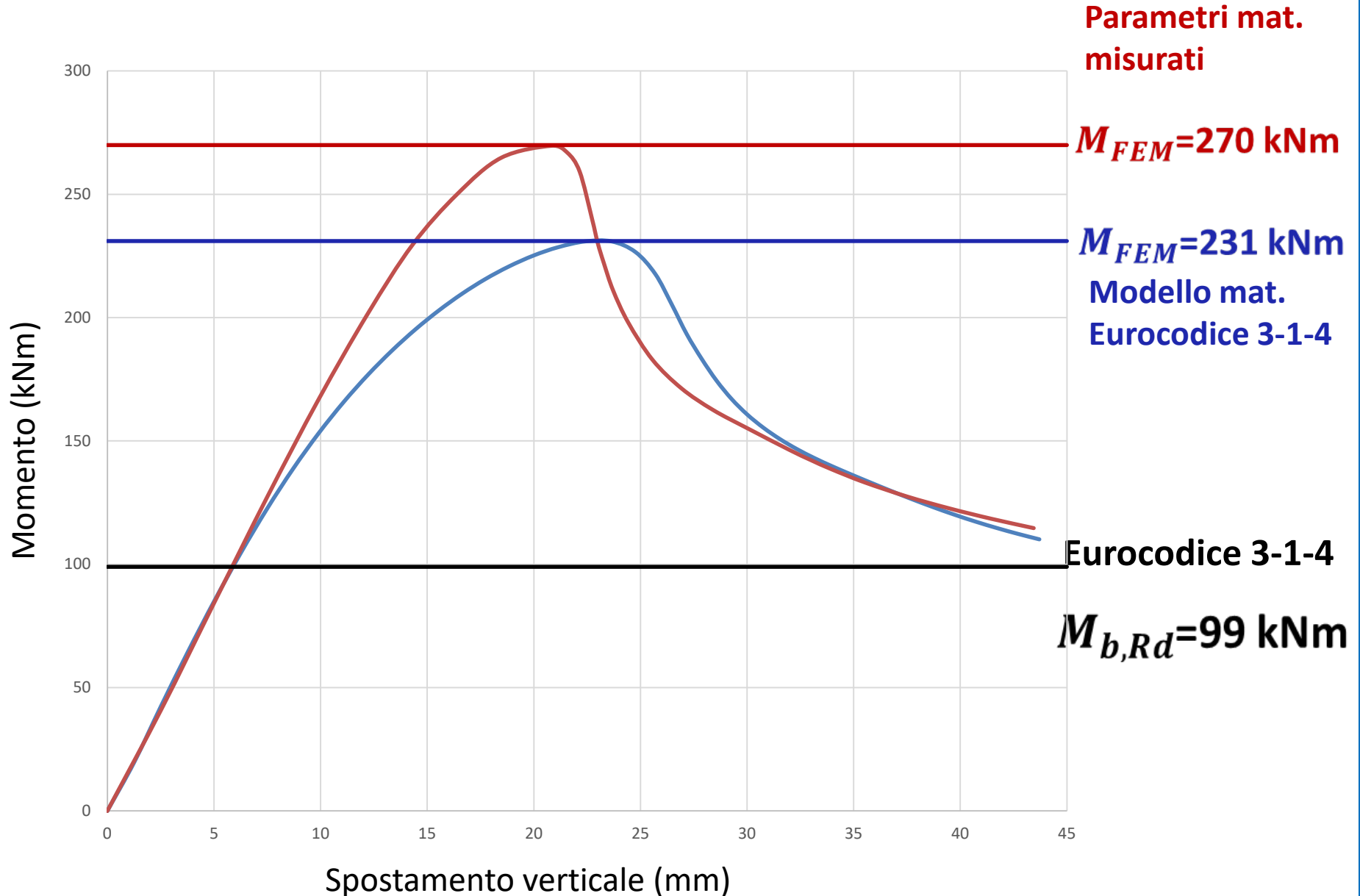
- È possibile calcolare la curva carico-deflessioni



Modello agli elementi finiti



Modello agli elementi finiti



Sezione 5

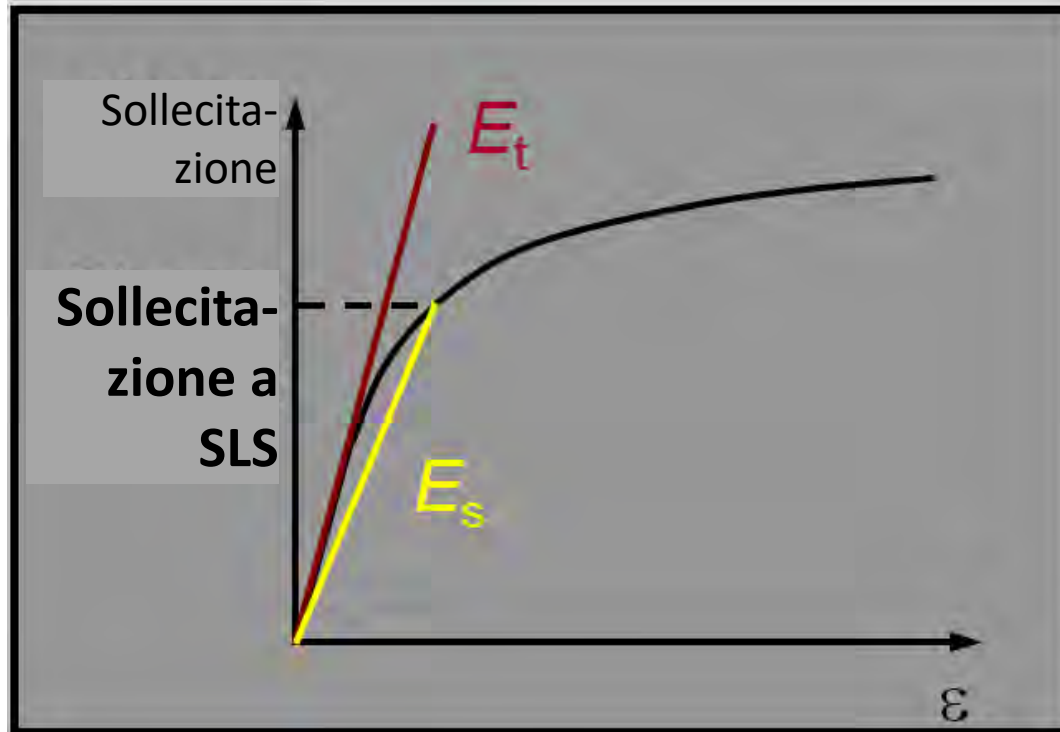
Scostamenti

Scostamenti

- La curva sforzo-deformazione non lineare indica la rigidità dell'acciaio inossidabile ↓
come sollecitazione ↑
- Gli scostamenti sono leggermente maggiori nell'acciaio inossidabile che nell'acciaio al carbonio
- Usare il modulo secante per la sollecitazione nell'elemento con lo stato limite di utilizzabilità (SLS)

Scostamenti

Modulo secante E_s per la sollecitazione nell'elemento allo SLS



Scostamenti

Il modulo secante E_S determinato dal modello Ramberg-Osgood:

$$E_S = \frac{E}{1 + 0.002 \frac{E}{f} \left(\frac{f}{f_y} \right)^n}$$

f è la sollecitazione allo stato limite di utilizzabilità

n è una costante del materiale

Gli scostamenti in una trave di acciaio inossidabile austenitico

Rapporto di sollecitazione f/f_y	Modulo secante, E_s N/mm ²	% di aumento della deflessione
0.25	200,000	0
0.5	192,000	4
0.7	158,000	27

f = sollecitazione allo stato limite di utilizzabilità

Sezione 6

Informazioni aggiuntive

Risposta al carico sismico

- Maggiore duttilità (acciaio inox austenitico) + sostiene più cicli di carico
→ maggiore dissipazione di energia isteretica con carico ciclico
- Il maggiore incrudimento da lavorazione
→ migliora lo sviluppo di zone plastiche grandi e deformabili
- Dipendenza dalla velocità di deformazione più forte –
→ maggiore resistenza con velocità di deformazione rapida

Progettazione di collegamenti bullonati

- La forza e la resistenza alla corrosione dei bulloni e del materiale che collegano devono essere simili
- I bulloni di acciaio inossidabile devono essere utilizzati per collegare gli elementi di acciaio inossidabile per evitare la corrosione bimetallica
- I bulloni di acciaio inossidabile possono essere utilizzati anche per collegare l'acciaio zincato e gli elementi di alluminio

Progettazione di collegamenti bullonati

- Le regole per i bulloni di acciaio al carbonio nei fori passanti sono generalmente applicabili all'acciaio inossidabile (tensione, tranciatura)
- Regole speciali per la resistenza di appoggio richiesta fino alla deformazione limite dovuta all'elevata duttilità dell'acciaio inossidabile

$$f_{u,rid} = 0.5f_y + 0.6f_u < f_u$$

Bulloni precaricati

Utili in strutture come ponti, torri, pali ecc. quando:

- il collegamento è soggetto a carichi vibratorii,
 - bisogna evitare lo slittamento tra le parti unite,
 - il carico applicato cambia frequentemente da un valore positivo a uno negativo
-
- Non esistono regole di progettazione per i bulloni precaricati di acciaio inossidabile
 - È sempre necessario eseguire dei test

Progettazione di collegamenti saldati

- Le regole di progettazione dell'acciaio al carbonio sono generalmente applicabili all'acciaio inossidabile
- Usare il materiale di consumo corretto per il grado di acciaio inossidabile
- L'acciaio inossidabile può essere saldato all'acciaio al carbonio, ma occorre una preparazione speciale

Resistenza a fatica

- Il comportamento a fatica dei giunti saldati è dominato dalla geometria di saldatura
- Le prestazioni dell'acciaio austenitico e duplex sono altrettanto buone di quelle dell'acciaio al carbonio
- Seguire le linee guida per l'acciaio al carbonio

Sezione 7

Risorse per ingegneri

Risorse per ingegneri

- Centro di informazioni online
- Casi di studio
- Guide per la progettazione
- Esempi di progettazione
- Software

100
YEARS
OF
STAINLESS
STEEL

A CENTURY OF INNOVATION

From small beginnings a hundred years ago, stainless steel has grown to be an integral part of our lives. Utilised primarily for its corrosion resistance, stainless steel is also found in applications where strength, innovation and aesthetics are important.

[VIEW WEBSITE](#)

ONLINE INFORMATION
CENTRE FOR STAINLESS
STEEL IN CONSTRUCTION

[VIEW WEBSITE](#)

DESIGN MANUAL FOR
STRUCTURAL STAINLESS
STEEL

[VIEW PUBLICATION](#)

STRUCTURAL STAINLESS
STEEL CASE STUDIES

[VIEW CASE STUDIES](#)

L'acciaio inossidabile nel centro informativo per la costruzione www.stainlessconstruction.com

The image shows a screenshot of a website. The header features the text "ONLINE INFORMATION CENTRE FOR STAINLESS STEEL IN CONSTRUCTION" in a light blue box. Below this is a dark navigation bar with six menu items: "SPECIFICATION", "CODES & STANDARDS", "DESIGN", "FABRICATION & INSTALLATION", "CASE STUDIES", and "RESEARCH". The main content area is split into two columns. The left column contains the text "Stainless steel at your fingertips...", a paragraph about the website's purpose, a "Featured Resource" section for "Thames Gateway Water Treatment", and a search bar with a "GO" button. The right column features a large photograph of a curved, stainless steel architectural structure, possibly a water treatment component, with a view through it.

12 casi di studio strutturali

www.steel-stainless.org/CaseStudies



Structural
Stainless
Steel
Case Study 01

Stonecutters Bridge Towers

Stonecutters Bridge, Hong Kong, is a cable stayed structure with a total length of 1596 m and a main span of 1018 m. The bridge crosses the Rambler Channel and is the main entrance to the busy Kwai Chung Container Port. It is visible from many parts of Hong Kong Island and Kowloon. The most striking features of the bridge are the twin tapered mono towers at each end supporting the 50 m wide deck. These tapered mono towers rise to 295 m above sea level; the lower sections are reinforced concrete while the upper 115 m are composite sections with an outer stainless steel skin and a reinforced concrete core.

Material Selection



Figure 1: General view of Stonecutters Bridge

The design life of the bridge is 120 years. A highly durable material was required for the upper sections of the bridge towers because of the harsh marine and industrial environment. Autogeneous, cast-in-situ maintenance on the towers will be extremely difficult, due to the live traffic beneath. Stainless steel was chosen for the skin of the composite section of the upper tower because of its durability and also its attractive appearance. Carbon steel would have required protective coatings that would have needed reworking after an estimated 20-30 years.

Stainless austenitic-based austenitic steel grades were initially considered but discounted because of their relatively low design strength (220 N/mm²) and uncertainties regarding corrosion performance, given the roughness of the desired surface finish. Higher alloyed austenitic with better corrosion resistance, e.g. 1.4439 (N08904) and 1.4439 (S31726), were not considered in detail as they would not have met the requirements for cost, availability and strength. Duplex steel 1.4462 (S32205) was chosen as it has high strength (462 N/mm²) with good corrosion resistance and tolerance of surface finish.



Figure 2: Mono tower and stay cables

A polished finish (as defined in EN 12044 Part 2 (1)) was specified for all exposed surfaces, with an average surface roughness R_a of 0.5 μ m. A slightly textured, non-directional, low reflective appearance was then created by sand blasting the surface with a mixture of aluminium oxide and glass beads.

Structural Stainless Steel Case Study 01 Page 1



Guida di progettazione per gli Eurocodici



www.steel-stainless.org/designmanual

- Guida
- Commento
- Esempi di progettazione

Software di progettazione online:

www.steel-stainless.org/software

Riassunto

- **Prestazioni strutturali:**
simili a quelle dell'acciaio al carbonio, ma sono necessarie alcune modifiche a causa della curva sforzo-deformazione non lineare
- Sono state sviluppate regole di progettazione
- Le risorse (guide alla progettazione, casi di studio, esempi elaborati, software) sono disponibili gratuitamente!

Riferimenti

- EN 1993-1-1. Eurocode 3: Design of steel structures – Part1-1: General rules and rules for buildings. 2005
- EN 1993-1-4. Eurocode 3: Design of steel structures – Part1-4: Supplementary rules for stainless steel. 2006
- EN 1993-1-4. Eurocode 3: Design of steel structures – Part1-4: Supplementary rules for stainless steel. Modifications 2015
- M. Fortan. Lateral-torsional buckling of duplex stainless steel beams - Experiments and design model. Tesi di dottorato. 2014-...
- AISI Standard. North American specification Appendix 1: Design of Cold-Formed Steel Structural Members Using the Direct Strength Method. 2007
- B.W. Schafer. Review: The Direct Strength Method of cold-formed steel member design. Journal of Constructional Steel Research 64 (2008) 766-778
- S.Afshan, L. Gardner. The continuous strength method for structural stainless steel design. Thin-Walled Structures 68 (2013) 42-49

Grazie

Barbara Rossi – barbara.rossi@kuleuven.be

Maarten Fortan – maarten.fortan@kuleuven.be

Presentazione di supporto per i docenti
di Architettura/Ingegneria civile

Capitolo 08

Superfici di acciaio inossidabile

Indice

1. Finiture di acciaio inossidabile
2. Superfici tridimensionali
3. Griglie in tessuto metallico
4. Riferimenti

1 - Finiture di acciaio inossidabile ^{1,2}

- Finiture di acciaieria
- Finiture con lucidatura meccanica e finiture spazzolate
- Finiture a rete
- Finiture pallinate
- Finiture elettrolucidate
- Finiture colorate
- Finiture colorate elettroliticamente
- Finiture colorate elettroliticamente e a rete
- Rivestimenti organici
- Finiture decorative specialistiche

Sono
disponibili
molte
finiture

Finiture laminate a freddo franco acciaieria ^{1,3}

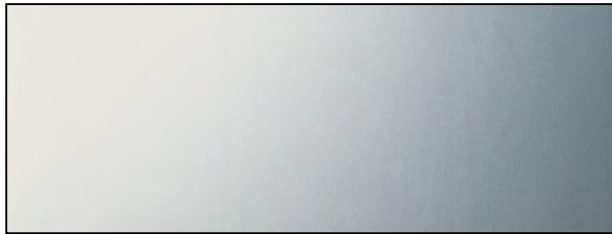
Finiture laminate a freddo secondo EN 10088-2 ricavate dalla tabella 6 della norma, con una guida ai valori Ra tipici

Simbolo	Percorso del processo di finitura	Note	(Ra) tipico μm
2B	Laminato a freddo, trattato termicamente, decapato, sottoposto a leggera laminazione (skin pass)	La più comune finitura 'laminata a freddo' disponibile. Finitura liscia, non riflettente, buon controllo dell'opacità. Intervallo di spessore limitato dalla capacità di laminazione skin pass del produttore.	0.1-0.5
2C	Laminato a freddo, trattato termicamente, non decalaminato	Liscio con scaglia dovuta al trattamento termico, idoneo per pezzi successivamente decalaminati e sottoposti ad ulteriore lavorazione, oppure per determinati impieghi che richiedono resistenza al calore.	-
2D	Laminato a freddo, trattato termicamente, decapato	Fogli più spessi. Levigatezza non buona come 2B, ma adeguata per la maggior parte degli obiettivi.	0.4-1.0
2E	Laminato a freddo, trattato termicamente, decalaminato meccanicamente	Rugoso e opaco. Di norma utilizzato per acciai con scaglia molto resistente alle soluzioni di decapaggio	-
2H	Laminato a freddo, incrudito	La rilaminazione sui tipi austenitici migliora la resistenza meccanica. Levigatezza simile a 2B	-
2R	Laminato a freddo, ricotto in bianco	Finitura a "specchio" altamente riflettente, molto liscio. Fornito spesso con rivestimenti plastici per stampaggi alla pressa. Articoli fabbricati solitamente impiegati senza ulteriore finitura	.05-0.1
2Q	Laminato a freddo, incrudito e temprato, esente da scaglia	Disponibile solo sui tipi martensitici (ad es. 420). Formazione di scaglie evitata mediante trattamento termico in atmosfera protettiva o decalaminazione successiva a trattamento termico	-

Maggiori informazioni su Ra: http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/RoughnessMeasurement_EN.pdf

Queste sono le
più comuni

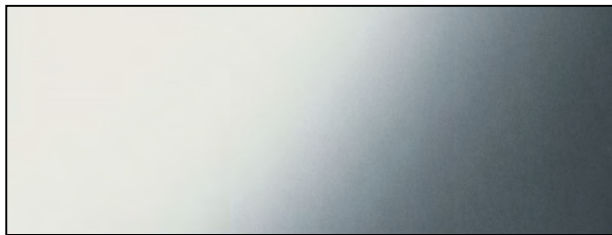
Finiture al laminatoio più comuni



2B Viene prodotta come 2D, ma una leggera laminazione finale con rulli altamente lucidati consente di ottenere una superficie liscia, poco riflettente, grigia. È la finitura superficiale più utilizzata oggi ed è la base della maggior parte di finiture lucidate e spazzolate.



2D Si ottiene con laminazione a freddo, trattamento termico e decapaggio. L'aspetto superficiale opaco e poco riflettente è adatto alle esigenze industriali e metalmeccaniche ma, dal punto di vista architettonico, è adatto per applicazioni estetiche meno critiche.



2R Mediante la ricottura in bianco in condizioni atmosferiche prive di ossigeno successivamente alla laminazione a freddo usando rulli lucidati, si ottiene una finitura altamente riflettente, in grado di riflettere immagini chiare. Questa superficie ultra liscia è meno incline a ospitare contaminanti o umidità aerotrasportati rispetto a qualsiasi altra finitura al laminatoio ed è facile da pulire.

Finiture speciali 1,3

Finiture speciali secondo EN 10088-2 ricavate dalla tabella 6 della norma, con una guida ai valori Ra tipici

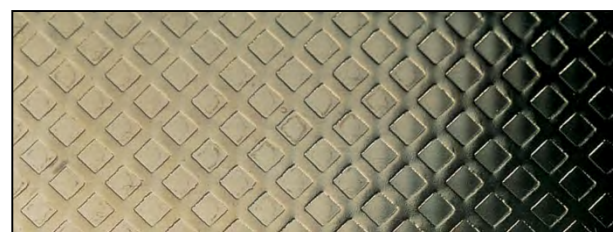
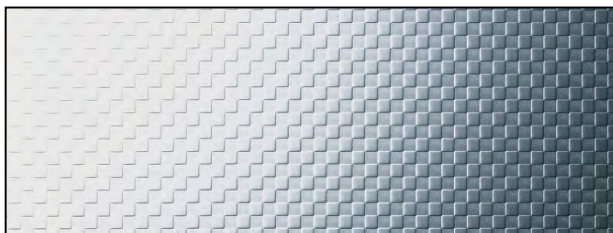
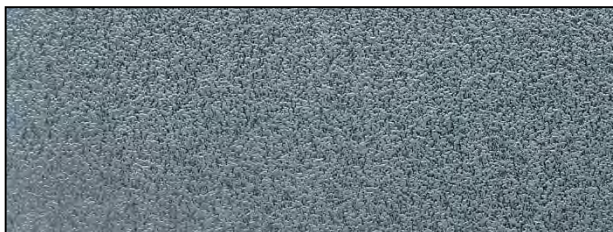
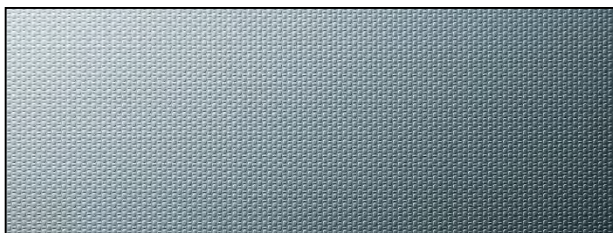
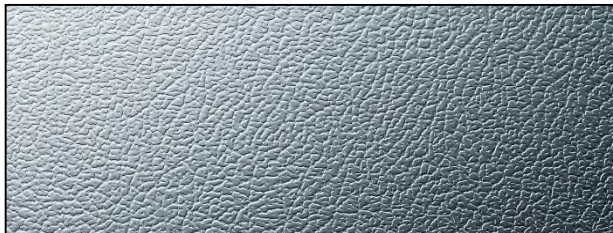
Simbolo	Percorso del processo di finitura	Note	(Ra) tipico μm
1G o 2G	Rettificato	Può essere basato sulla finitura '1' o '2' franco acciaieria*. Struttura superficiale unidirezionale, non molto riflettente	-
1J o 2J	Spazzolato o levigato opaco	Può essere basato sulla finitura '1' o '2' franco acciaieria*. Più liscio di "G" con struttura superficiale unidirezionale, non molto riflettente	0.2-1.0
1K o 2K	Levigato satinato	Può essere basato sulla finitura '1' o '2' franco acciaieria*. La più liscia delle finiture speciali non riflettenti con resistenza alla corrosione adatta alla maggior parte delle applicazioni.	< 0.5
1P o 2P	Levigato brillante	Può essere basato sulla finitura '1' o '2' franco acciaieria*. Finitura riflettente lucidata meccanicamente Può essere una finitura a specchio.	< 0.1
2F	Laminato a freddo, trattato termicamente, sottoposto a successiva leggera laminazione (skin-pass) su rulli irruviditi	Superficie opaca uniforme, non riflettente, può essere basata sulla finitura 2B o 2R	-
1M o 2M	Su modello	Può essere basato sulla finitura '1' o '2' franco acciaieria*. Solo un lato con modello. Comprende lamiere "bugnate" (finitura "1" franco acciaieria) e finiture con struttura superficiale fine (finitura "2" franco acciaieria)	-
2W	Ondulato	Profilo laminato (ad es. forme trapezoidali o sinusoidali)	-
2L	Colorato	Applicato a base di lamiera piatta (finiture 2R, 2P o 2K) o su modello (2) in una gamma di colori	-
1S o 2S	Con rivestimento superficiale	Può essere basato sulla finitura '1' o '2' franco acciaieria. Normalmente rivestito su un solo lato con un rivestimento metallico, come stagno, alluminio, titanio	-

* Le finiture 1 sono per prodotti laminati a caldo, le finiture 2 per prodotti laminati a freddo

Esiste una scelta molto ampia di finiture speciali

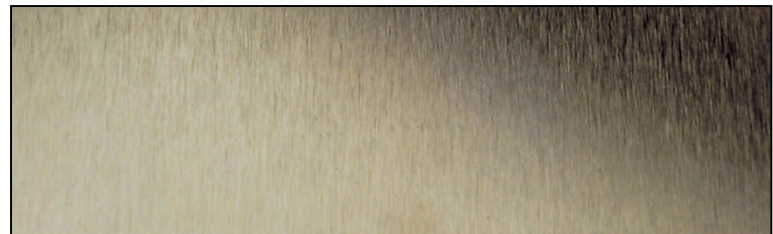
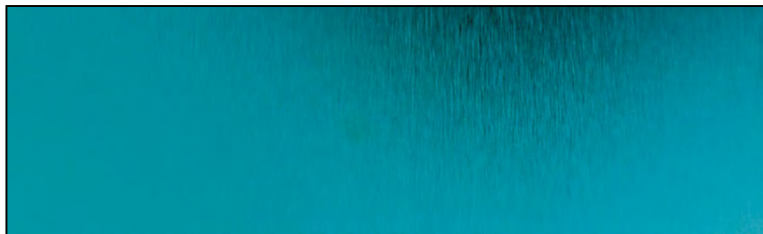
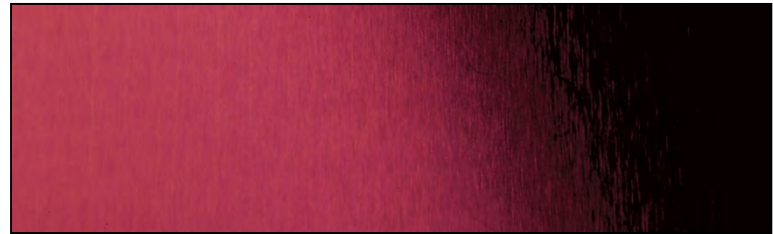
Finiture su modello ^{4,5,7}

Questi pochi esempi illustrano l'uso di fogli con modello su un solo lato, classificati come 2M. È disponibile un'ampia gamma di modelli



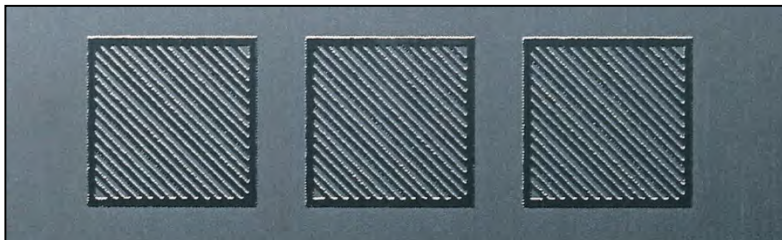
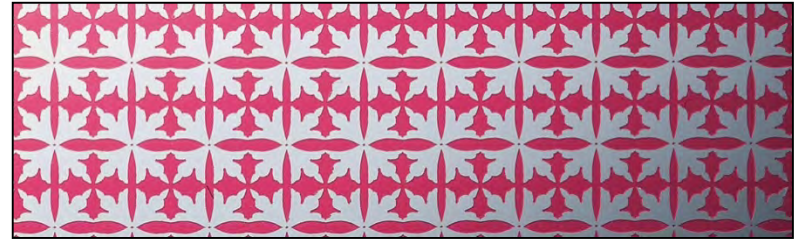
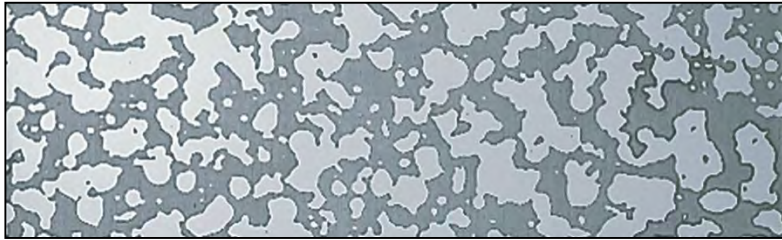
Finiture colorate^{4, 5,7}

Questa è soltanto una selezione degli effetti cromatici ottenibili con acciaio inossidabile colorato elettroliticamente



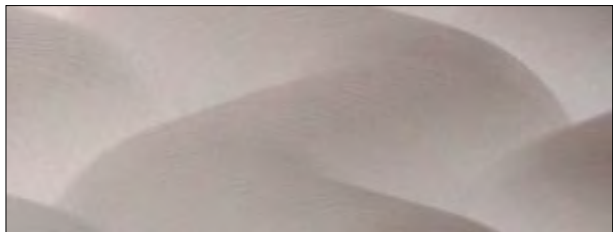
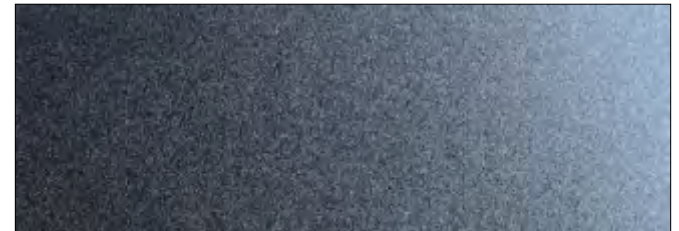
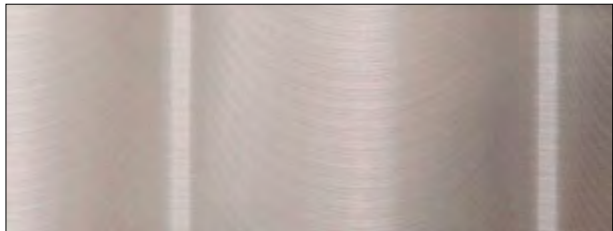
Modelli incisi^{4,5,7}

Processi serigrafici e fotosensibili sono stati sviluppati per trasferire qualsiasi modello sull'acciaio inossidabile, la cui superficie viene quindi incisa all'acido per evidenziare il modello. L'incisione all'acido è un processo che rimuove una piccola quantità di materiale superficiale. Le superfici incise hanno un aspetto opaco e leggermente grossolano che contrasta bene con le superfici lucidate o non incise satinate. Il colore elettrochimico può essere applicato alle superfici incise prima o dopo l'incisione.



Finiture brevettate^{4,5}

Molte finiture specifiche e brevettate sono disponibili presso aziende specializzate
Di seguito alcuni esempi



Lucidatura elettrolitica⁶



Produce superfici riflettenti brillanti che presentano

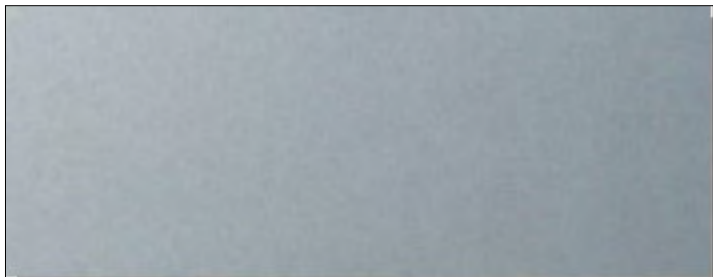
- Ottima resistenza alla corrosione per qualsiasi grado
- Disinfezione e pulibilità più facili
- Eliminazione più facile dei graffi

Tuttavia

- Irregolarità superficiali sono più visibili
- Così come graffi e rigature meccaniche

Pallinatura ⁸

L'aspetto può essere alterato da diversi materiali di sabbiatura, ad es. granuli di vetro (sopra) o vetro macinato (sotto)



N.B.:

Esistono molti gradi diversi di acciaio inossidabile, che offrono soluzioni per un'ampia gamma di problemi di progettazione, dalla resistenza alla corrosione persino negli ambienti più aggressivi fino a requisiti di resistenza elevati; e dalla facilità di formatura alla facilità di saldatura. Analogamente, gli acciai inossidabili offrono un'ampia gamma di finiture superficiali che possono aiutare l'architetto a ottenere l'aspetto estetico desiderato. Le finiture superficiali prevedono un'ampia gamma di possibilità: da modelli opachi con lucidatura dolce a modelli strutturati, colori fino a finiture a specchio altamente lucidate. Il progettista ha quindi a disposizione un'ampia gamma di opzioni.

Occorre prestare attenzione quando si usano le finiture superficiali lucide per garantire che non creino involontariamente problemi di riflettività del calore o di abbagliamento. In fase di progettazione, una particolare attenzione deve essere dedicata alle facciate degli edifici esposte al sole e alle aree concave.

Gli architetti usano quotidianamente un
campionario di finiture superficiali disponibili sugli
acciai inossidabili ⁷

Nel capitolo 2 troverete alcuni esempi
di edifici per i quali la finitura
superficiale è essenziale per l'aspetto
estetico

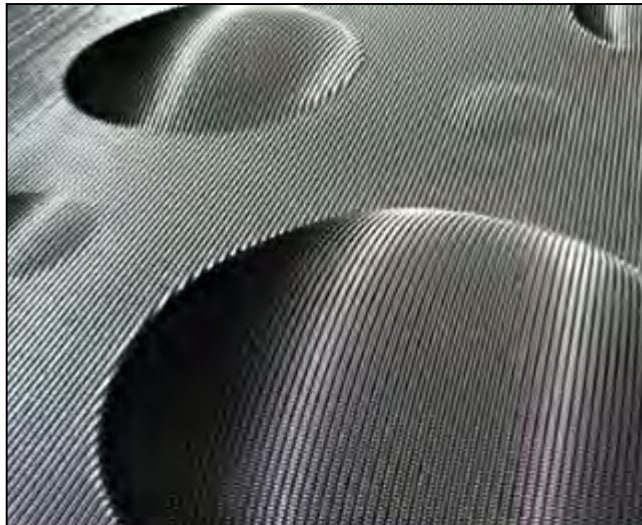
2 - Finiture tridimensionali ⁹

ossia caratteristiche tridimensionali più
profonde rispetto ai modelli ottenuti con
goffratura, punzonatura, taglio, profilatura....
solitamente eseguite su macchine
computerizzate

Modelli goffrati⁹



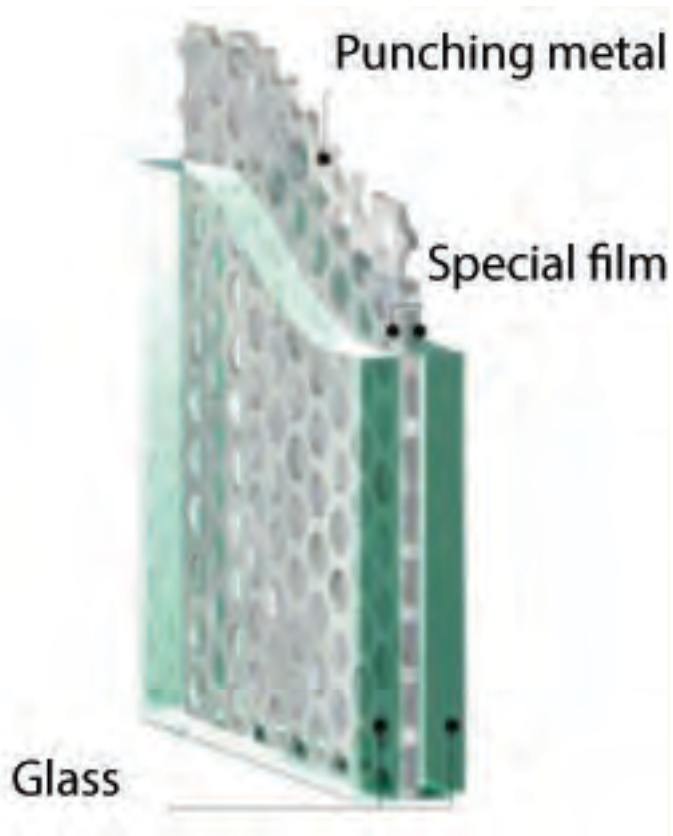
Forme irregolari⁹ (simili agli effetti creati da superfici liquide)



Lamiera forata⁹



Pannelli di vetro semi-trasparenti con lamiera forata 10

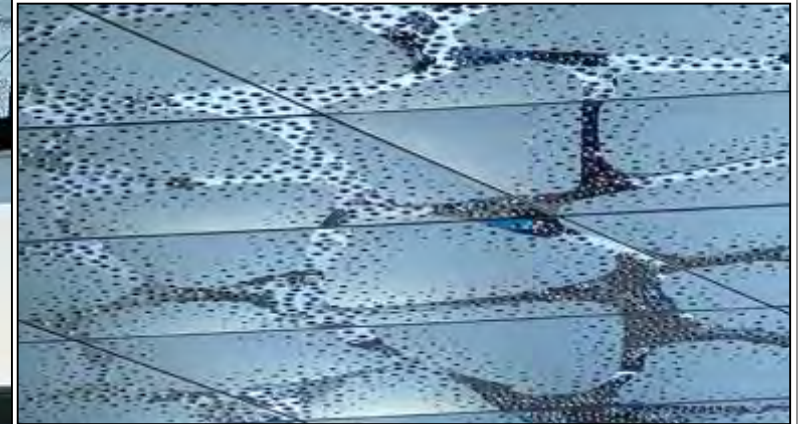


Reti stirate



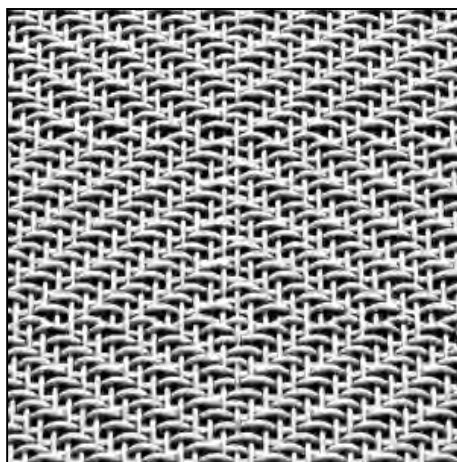
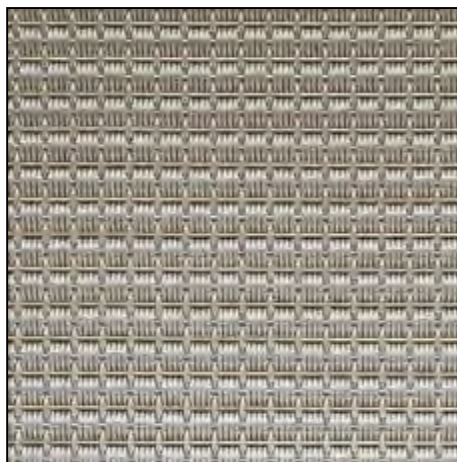
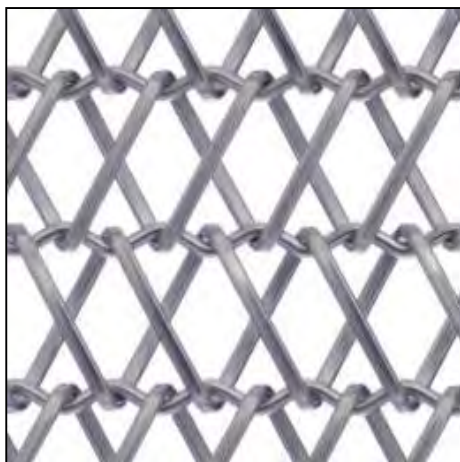
Combinazione di tecniche ¹¹

Stockholm Waterfront Building: soffitto in acciaio inossidabile in lamiera perforata e colorata che riproduce l'immagine del ghiaccio che si scioglie in basso a destra



3 - Tele in tessuto metallico

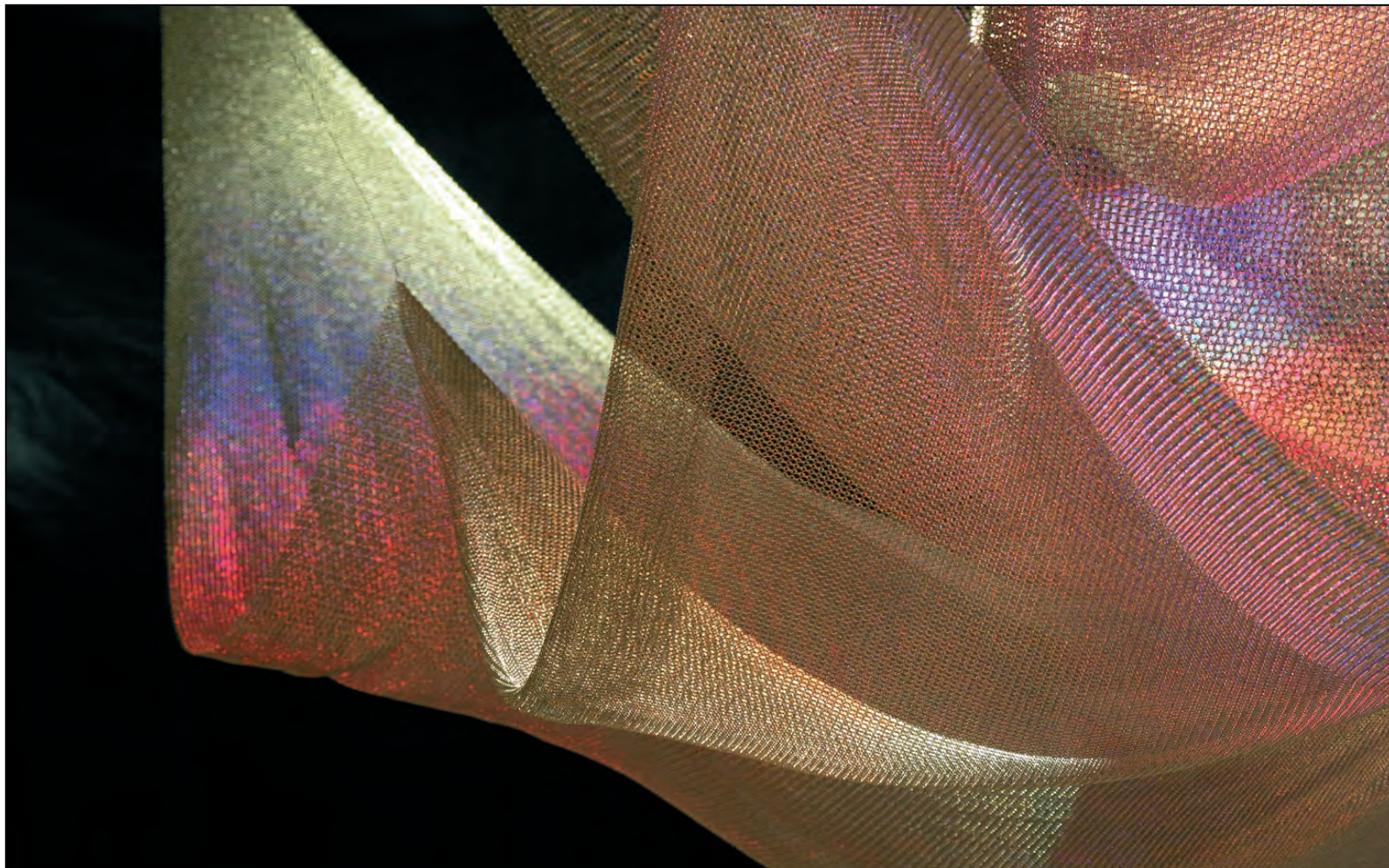
Standard 12-14



È disponibile un ampio set di forme di tessuto metallico e di modelli, con possibilità di adattare

- rigidità
- area aperta
- diffusione della luce
- trasparenza acustica
- colore
- ecc....

Esempi di decorazione con tele in acciaio inossidabile

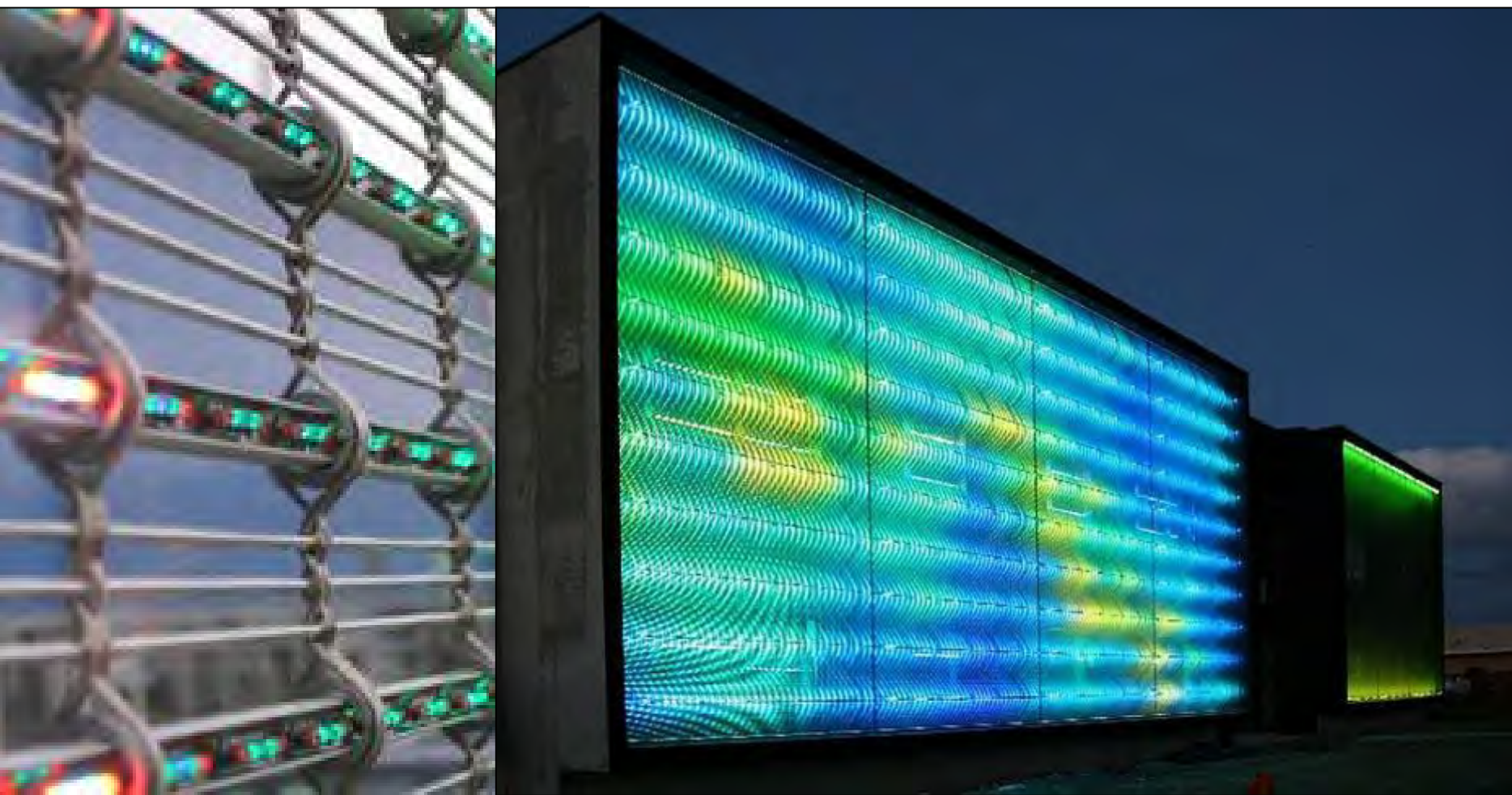


Decorazione esterna con tela d'acciaio inossidabile

La tela d'acciaio inossidabile è ampiamente utilizzata per le decorazioni. Permette di ottenere effetti speciali come luci (con LED) come mostrato (sede centrale Swarovski Building)



Acciaio inossidabile intrecciato con LED ¹³



4 - Riferimenti e fonti

1. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Finishes02_IT.pdf
2. http://www.ssina.com/download_a_file/special_finishes.pdf
3. <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=47>
4. www.uginox.com/sites/default/files/public/Triptyque%20Lusignan_web.pdf
5. <http://www.poligrat.de/home/>
6. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Electropolishing_IT.pdf
7. <http://www.legrand-sgm.fr/>
8. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/3D_Finishes_IT.pdf
9. <https://cambridgearchitectural.com/projects/ft-lauderdale-hollywood-international-airport-rental-car-center>
10. <https://www.exyd.com/waterfront-building.html>
11. <http://cambridgearchitectural.com>
12. <https://gkd.de/architekturgewebe/>
13. <http://www.diedrahtweber-architektur.com/de/anwendungen-architekturgewebe/medienfassade/>
14. http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/RoughnessMeasurement_EN.pdf

Grazie

Presentazione di supporto per i
docenti di Architettura/Ingegneria
civile

Capitolo 09
Unione e fabbricazione di
acciai inossidabili

Indice

1. Unione
2. Fabbricazione

1 - Unione

Processi di unione applicabili: tutti!

Processi (rif.)	Video	Processo preferito per
Saldatura (1-5) (ampiamente usato)	Saldatura MIG Saldatura TIG Robot di saldatura	Elevata resistenza dei giunti Nessuno smantellamento
Fissaggio (ampiamente usato)	Esempio	Facile montaggio in loco Montaggio di materiali diversi (legno, vetro...) Smantellamento in un secondo momento
Brasatura forte /brasatura dolce	Brasatura	Tenuta all'acqua (utilizzata soprattutto nella copertura dei tetti)
Raccordo a pressare meccanico Piegatura Altro	Esempio di raccordo a pressare	Unione permanente di tubi Tenuta all'acqua
Legame adesivo (non utilizzato spesso, ma in crescita)		Integrità della finitura superficiale

Saldatura ad arco

Vantaggi della saldatura ad arco

- proprietà di saldatura identiche a quelle della condizione ricotta
- offre i giunti più forti
- può essere realizzata in loco o in officina
- unisce materiale sottile e spesso di qualsiasi forma
- unisce metalli simili o diversi (solitamente acciaio al carbonio con scelta adeguata del materiale riempitivo)
- contrasta la fatica e i carichi ciclici
- identica resistenza alla corrosione e al calore del metallo base ricotto

Limiti della saldatura ad arco

- non possibile con tutti i gradi
- richiede procedure e operatori qualificati
- può provocare distorsioni indotte dal calore
- sono necessarie operazioni di finitura post-saldatura per una finitura esteticamente curata (come ad esempio la sabbiatura)
- perdita di proprietà meccaniche in caso di materiale lavorato a freddo

Saldatura ad arco

[Video: lucidare una saldatura](#)



Fissaggio meccanico

Vantaggi del fissaggio meccanico

- Può essere smantellato
- Ideale per la costruzione in loco
- Veloce
- Non richiede operatori qualificati

Limiti del fissaggio meccanico

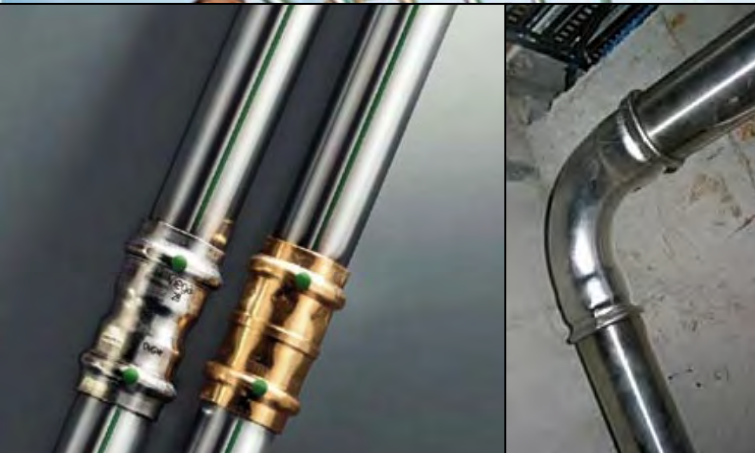
- Non è così resistente come le saldature
- Può provocare corrosione interstiziale (vedere il capitolo sulla resistenza alla corrosione)

Selezione del dispositivo di fissaggio appropriato:

L'Istituto Tedesco per la Tecnologia delle Costruzioni ha emesso un comunicato riguardante la selezione dei dispositivi di fissaggio a seconda dell'ambiente. Per favore leggere il Riferimento 4, Tabella 1a (classi di esposizione) e Tabella 8 (gradi di acciaio inossidabile per classe)



* Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)



Raccordo a pressare

(un processo utilizzato soltanto per i tubi)

Vantaggi del raccordo a pressare

- Tenuta perfetta per liquidi e gas
- Veloce
- Nessuna apporto di calore durante la realizzazione del giunto
- Superfici perfettamente pulite
- Non richiede operatori qualificati

Limiti del raccordo a pressare

- Non può essere smantellato
- Richiede manicotti per ogni diametro tubiero

Adesivi

Vantaggi del legame adesivo

- rende un giunto quasi invisibile, migliorando l'aspetto estetico del prodotto
- offre una distribuzione uniforme della sollecitazione e una maggiore area resistente alle sollecitazioni
- unisce materiale sottile e spesso di qualsiasi forma
- unisce materiali simili o diversi
- minimizza o impedisce la corrosione elettrochimica (galvanica) tra materiali diversi
- contrasta la fatica e i carichi ciclici
- offre giunti dai profili lisci
- sigilla i giunti contro molteplici ambienti
- isola contro il trasferimento di calore e la conduttanza elettrica
- è privo di distorsioni indotte dal calore
- attutisce le vibrazioni e assorbe gli urti
- offre un interessante rapporto resistenza/peso
- spesso è più veloce o più economico del fissaggio meccanico

Limiti del legame adesivo

- non permette l'esame visivo dell'area del legame
- richiede un'attenta preparazione della superficie, spesso con sostanze chimiche corrosive
- può includere tempi di vulcanizzazione lunghi, in particolare dove non si utilizzano temperature di vulcanizzazione elevate
- può richiedere apparecchiature di tenuta, presse, forni e autoclavi, normalmente non necessari per altri metodi di fissaggio
- non deve essere esposto a temperature di servizio superiori a circa 180 °C
- richiede un rigido controllo del processo, con particolare enfasi sulla pulizia, per la maggior parte degli adesivi
- dipende dall'ambiente al quale è esposto

Applicazioni degli adesivi



Attacco di elementi per corrimano (Delo-Duopox AD895)

- Riempie gli spazi vuoti fra le due sezioni da incollare. Idoneo sia per piccoli che per larghi spazi da riempire
- Buona resistenza chimica e resistenza all'invecchiamento
- Per uso interno ed esterno
- Efficienza: sistema modulare flessibile nella costruzione di corrimano. Le fasi aggiuntive del processo richieste per la saldatura, come ad esempio la rettifica e la lucidatura, sono evitate



I pannelli in acciaio inossidabile (grado 1.4404) sono attaccati alle mura esterne di questo edificio per ufficio a 6 piani ad Hannover (Germania) mediante adesivi senza bisogno di ulteriore fissaggio meccanico

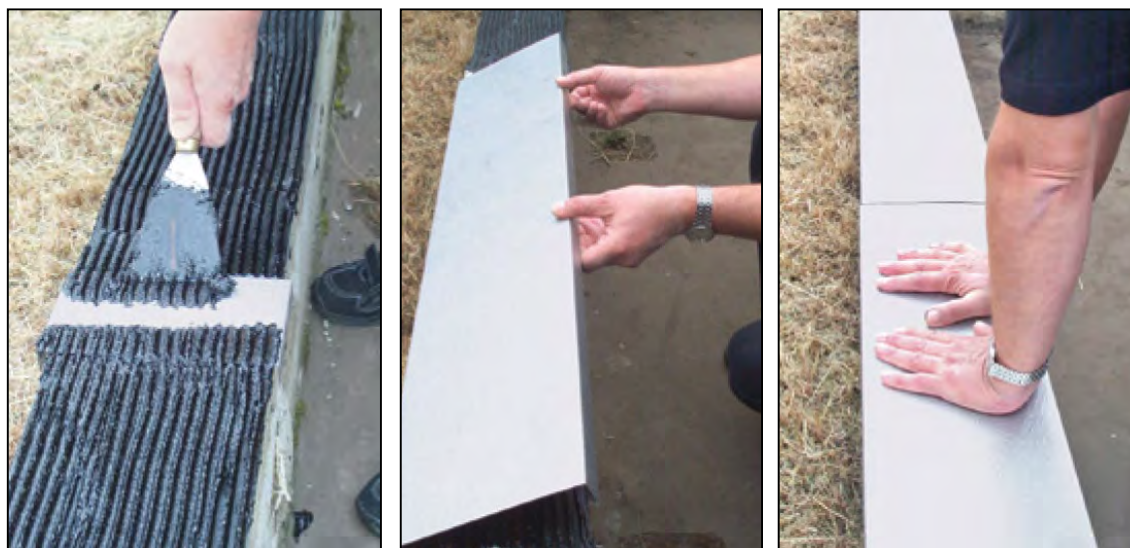
Scelta degli adesivi per legame strutturale [11]

	Con acciaio inossidabile	Tipo di adesivo per legame semi-strutturale				
		Silicone	Polimero modificato con silano	Poliuretano	Acrilico	Epossidico
Acciaio inossidabile	Sì	●	●	●	○	●
Acciaio al carbonio	Sì	●	●	○	○	●
Acciaio al carbonio / verniciato	Sì	●	●	X	○	○
Acciaio al carbonio / galvanizzato	Sì	●	●	X	○	○
Alluminio	Sì	●	●	○	○	●
Legno	Sì	●	●	○	○	●
Vetro/ceramica	Sì	●	●	X	○	●
Plastica PVC	Sì	●	●	X	X	X
Plastica PA	Sì	○	●	X	○	
Plastica PP/PE	No	X	X	X	X	X

● Altamente raccomandabile ○ Raccomandabile X Non raccomandabile



Gli adesivi sono utilizzati per il montaggio delle maniglie delle porte.



La giunzione mediante adesivi è una soluzione pratica nelle applicazioni per edifici, quando l'acciaio inossidabile deve essere fissato alla muratura o alla pietra naturale

Riferimenti sull'unione

1. http://www.worldstainless.org/Files/issf/animations/WeldedFabrication/start_1.html
2. <http://www.wikihow.com/Weld-Stainless-Steel>
3. http://www.nickelinstitute.org/~Media/Files/TechnicalLiterature/WeldingofStainlessSteelandOtherJoiningMethods_9002_.pdf
4. <http://www.edelstahl-rostfrei.de/page.asp?pageID=1590>
5. http://www.improve.it/metro/file.php?file=/1/Papers/Metallurgy_of_Welding_Processes/Joint_properties.pdf
6. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Adhesive_bonding_EN.pdf
7. <http://shura.shu.ac.uk/3115/>
8. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_Steel_for_Designers.pdf
9. http://www.delo.de/fileadmin/upload/dokumente/en/broschueren/Structural_Bonding.pdf
10. <https://www.ellsworth.com/globalassets/literature-library/manufacturer/ellsworth-adhesives/ellsworth-adhesives-white-paper-structural-bonding.pdf>
11. <http://www.sciencedirect.com/science/book/9781845694357>

2 - Fabbricazione

Sono disponibili documenti molto esaustivi, vedere l'elenco dei riferimenti

Rif. 1 è un corso di formazione dedicato alla fabbricazione degli acciai inossidabili

Il capitolo 2 elenca una serie di applicazioni in architettura, edilizia e costruzione: la fabbricazione di qualsiasi forma e finitura è prassi routinaria e quotidiana

Video sui processi

- Fusione e laminazione dell'acciaio inossidabile <https://www.youtube.com/watch?v=5zwwgl-pQ6kE>
- Tranciatura e piegatura https://www.youtube.com/watch?v=VMu7_W0QE3Y
- Taglio con getto ad acqua <http://www.sastainless.com/videos/index.html>
- Imbutitura https://www.youtube.com/watch?v=n-ht_5Ysurc
- Macchina per la piegatura a filo <https://www.youtube.com/watch?v=kDoSDiiZx6U>
- Macchina per la formazione di molle <https://www.youtube.com/watch?v=SwY-RT4DBxY>
- Rullatura https://www.youtube.com/watch?v=44XD5mZoM_0
- Lavorazione meccanica (zigrinatura) <https://www.youtube.com/watch?v=LDxNDWObTyg>

In rete sono disponibili molti altri video

Riferimenti sulla fabbricazione

1. <http://www.issftraining.org/>
2. http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/Austenitics.pdf
3. http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/Duplex Stainless Steel 3rd Edition.pdf
4. <http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF The Ferritic Solution Italian.pdf>

Grazie

Presentazione di supporto per i
docenti di Architettura e Ingegneria
civile

Capitolo 10

Formati e disponibilità

Perché «Formati e disponibilità»?

- I tempi di consegna e i costi sono argomenti fondamentali per gli architetti e gli ingegneri civili
- Mentre tutti i prodotti in acciaio inossidabile partono da una acciaieria
 - Esistono molte vie di lavorazione per i prodotti inossidabili
 - E terzisti, commercianti offrono pacchetti di servizi
- Pertanto i tempi di fornitura e i costi possono differire enormemente

Alcune informazioni basilari

Come si produce l'acciaio inossidabile

- [Video](#): Fabbricazione di acciaio e laminazione a caldo di coils
- [Video](#): Laminazione a caldo dei coils
- [Video](#): Laminazione a freddo di coils
- [Video](#): Fabbricazione di acciaio e laminazione a caldo di barre
- [Video](#): Laminazione di vergella
- [Video](#): Laminazione di vergella

Catena di fornitura dell'acciaio inossidabile

SEMPLIFICATA



Prodotti

Coils, Lamiere sottili,
Lamiere, Barre, Filo
Rebar

Personalizzati:
tagliati su misura
tagliati in forme personalizzate
Lucidatura ...

Servizio

Peso minimo 1 lastra
Produzione su ordinazione
Tempo tra ordinazione e
consegna 2-3 settimane
Prezzo più basso / kg

Ordini di piccoli quantitativi
Disponibile a magazzino
Brevi tempi di fornitura (1-3 giorni)
"Price premium" per il servizio



Prodotti

Sistemi di fissaggio
Tubi
Valvole
Raccordi

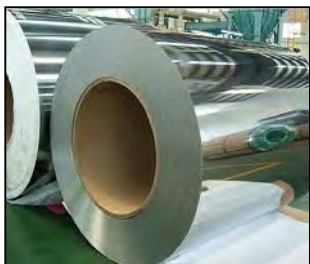
Servizio

Disponibile a magazzino
Brevi tempi di fornitura (1-3
giorni)
"Price premium" per il servizio

Prodotti piatti

Franco acciaieria

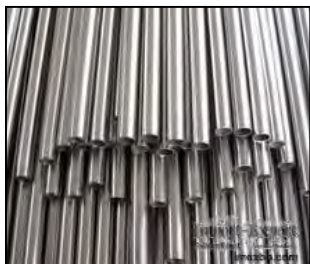
Coils laminati a freddo



Lamiere spesse



Tubi standard



Nastri laminato a freddo



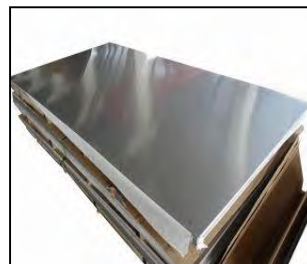
Travi attente da lamiera



Tubi profilati



Lamiere lucide laminate a freddo



Profili per porte e finestre



Raccordi per tubi



Personalizzati

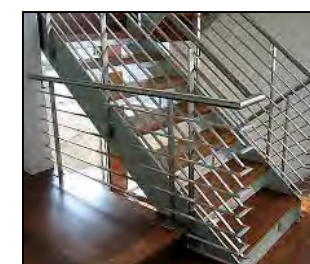
Forma con taglio laser



Morsetti



Ringhiere



Prodotti lunghi

Franco acciaieria

Barre



Barre per cemento armato

Barre di ancoraggio



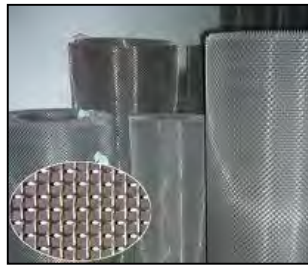
Trefoli



Vergella



Griglie



Barre filettate



Ancoraggi per cemento



Dispositivi di fissaggio

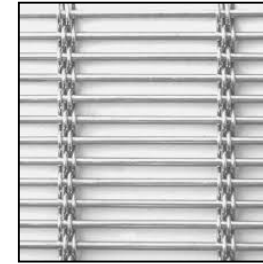


Personalizzati

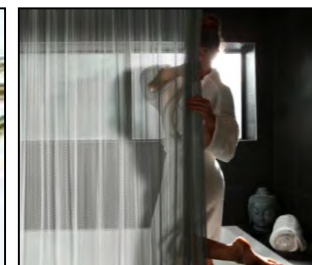
Maniglie



Frangisole



Maglie per tenda doccia



Tendenze future

Il bisogno urgente di mitigare il cambiamento climatico e di un'economia sostenibile porterà cambiamenti fondamentali nei prossimi anni.

Assisteremo probabilmente all'offerta di nuovi prodotti:

- i prodotti ricondizionati. L'acciaio inossidabile proveniente dalla demolizione di edifici/strutture potrebbe essere riprocessato e riutilizzato per un nuovo ciclo di vita senza perdere le sue proprietà.
- Forza maggiore e prodotti più sottili, capaci di offrire le stesse prestazioni di servizio utilizzando meno materiale. Lo sviluppo di lean duplex e di gradi austenitici lavorati a freddo è già in atto.

Riferimenti

I principali produttori di acciaio inossidabile:

<https://www.worldstainless.org/about-issf/issf-members/>

Grazie

Presentazione di supporto per i docenti
di Architettura/Ingegneria civile

Capitolo 11

Sostenibilità degli acciai inossidabili

Definizioni

- **Gas serra (GHG):** emissione di tonnellate di CO₂-equivalente /tonnellata di acciaio ⁽¹⁾
- **Potenziale di riscaldamento globale (GWP):** nessun rapporto unitario delle capacità dei diversi gas serra (GHG) di catturare il calore nell'atmosfera rispetto a quelle dell'anidride carbonica (CO₂) ⁽⁷⁾. Per esempio, il GWP del metano è 28 per un periodo di 100 anni. Il GHG primario emesso nella produzione dell'acciaio è CO₂.
- **Consumo di Energia Primaria (GJ/T) GWP anche denominato Intensità Energetica:** Il consumo energetico richiede di produrre 1 tonnellata di materiale primario (come ad esempio l'acciaio). ⁽¹⁾
- **Requisito di energia lorda (GER):** è la quantità totale di energia necessaria per un prodotto. ⁽⁸⁾
- **Efficienza dei materiali:** misura la quantità di materiale non destinato allo smaltimento permanente, all'interramento o alla termodistruzione, relativamente alla produzione di acciaio grezzo. ⁽¹⁾

Definizioni

- **Inventario del ciclo di vita (LCI):** un metodo strutturato, completo e standardizzato a livello internazionale. Quantifica tutte le emissioni relative e le risorse consumate e gli impatti correlati alla salute e all'ambiente e i problemi di depauperamento delle risorse associati all'intero ciclo di vita dei prodotti. ⁽³⁾
- **Costo del ciclo di vita (LCC):** è uno strumento per valutare il costo totale di un bene nel tempo, compresi i costi di acquisizione, funzionamento, manutenzione e smaltimento. ⁽⁴⁾
- **Valutazione del ciclo di vita (LCA):** è uno strumento che aiuta a quantificare e valutare i carichi ambientali e gli impatti associati ai sistemi di prodotto e alle attività, dall'estrazione delle materie prime dal terreno al fine vita e allo smaltimento dei rifiuti. L'utilizzo di tale strumento è sempre più diffuso in industrie, governi e gruppi ambientali per facilitare il processo decisionale delle strategie ambientali e la scelta dei materiali.

Definizioni

Indicatori di sicurezza:

- **Infortuni con perdita di tempo:** l'indice di frequenza degli infortuni con perdita di tempo per ogni 1.000.000 ore lavorative. ⁽¹⁾

Indicatori di riciclaggio:

- **Percentuale di riciclaggio** la quantità di materiale a fine vita (EOL) raccolto e inserito nella catena di riciclaggio (contrariamente al materiale che viene interrato). ⁽⁵⁾
- **Contenuto riciclato** è definito come la percentuale, in massa, di materiale riciclato di un prodotto nella fase post-consumatore e pre-consumatore. ⁽⁶⁾
- **Carico di rifiuti solidi (SWB):** comprende rifiuti di miniera, residui della vagliatura, scorie e ceneri degli impianti di produzione

Commenti sugli indicatori:

Gli indicatori di riciclaggio non tengono conto del «downcycling» (riutilizzo dei materiali post-consumo).

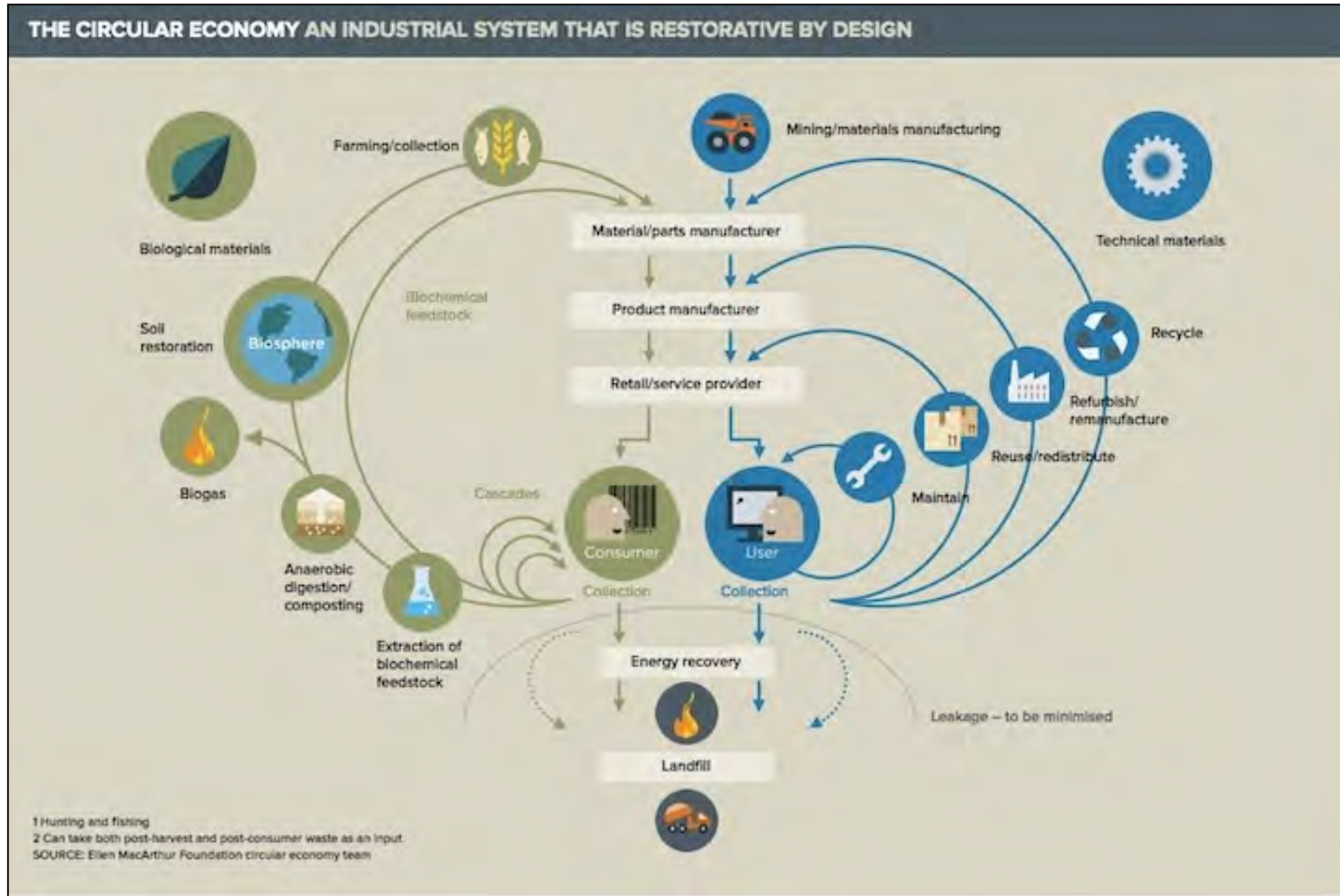


I metalli possono essere riciclati senza perdita di qualità.

I legami metallici si ripristinano con la risolidificazione, quindi i metalli recuperano continuamente le proprietà operative originali, anche dopo molteplici cicli di riciclaggio. Questo consente loro di essere utilizzati più e più volte per la stessa applicazione.

Al contrario, le caratteristiche operative della maggior parte dei materiali non metallici degradano dopo il riciclaggio. ⁽⁴⁵⁾

Il downcycling è meglio dei rifiuti, seppur ancora molto lontano dall'economia circolare (46,47)



La raccolta di rottame metallico per nuovi prodotti di metallo è uno dei cicli più brevi

L'economia circolare riguarda la chiusura dei cicli di risorse, mimando gli ecosistemi naturali nel modo in cui organizziamo la nostra società e le nostre attività.



Sostenibilità

"La sostenibilità riguarda il ciclo completo della costruzione di un prodotto ossia dall'acquisizione della materia passando dalla pianificazione, progettazione, costruzione e operatività fino alla demolizione finale e alla gestione dei rifiuti". (Rossi, B. 2012)⁹

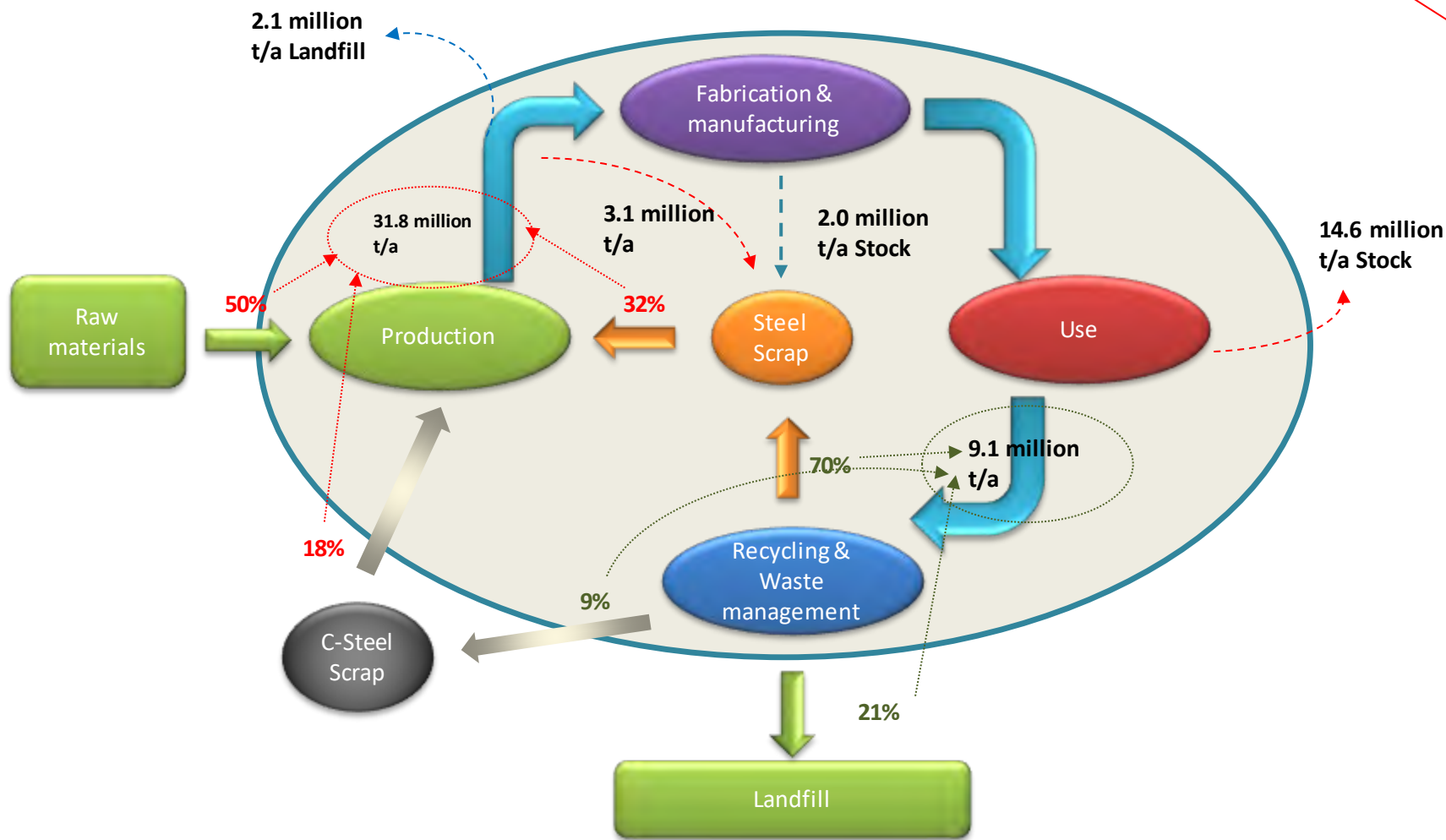
Sostenibilità dell'acciaio inossidabile:

1. Ambientale
2. Sociale
3. Economica

1. Produzione

ambientale ⇨ uso ⇨ e riciclaggio¹⁵

**AGGIORNATO
AL 2015!**



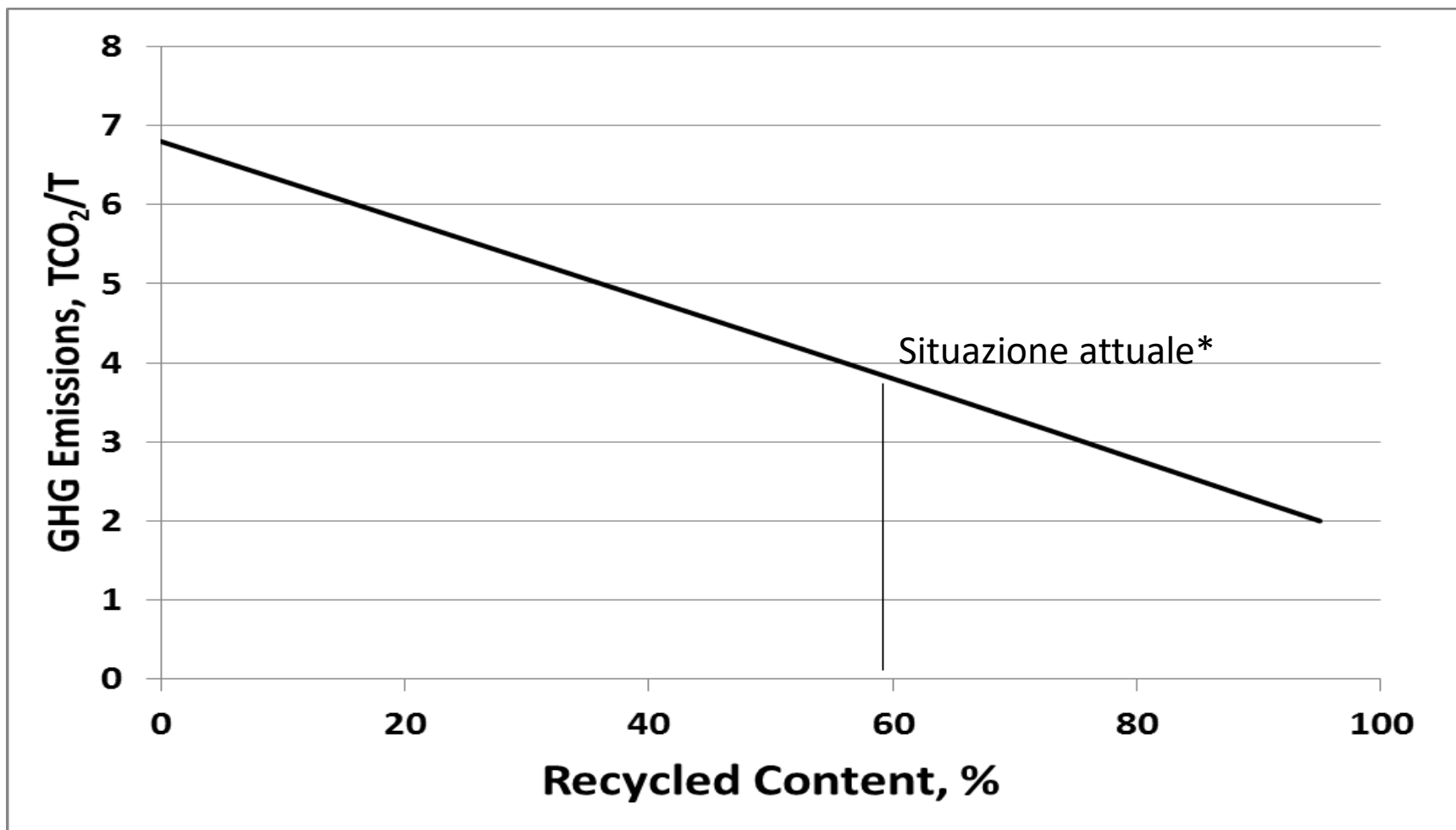
Ciclo di vita dell'acciaio inossidabile nel 2010. (Università di Yale/Progetto ISSF per l'acciaio inossidabile 2013)

Maggiori informazioni sull'uso e il riciclaggio ^{15, 23-25}

**AGGIORNATO
AL 2015!**

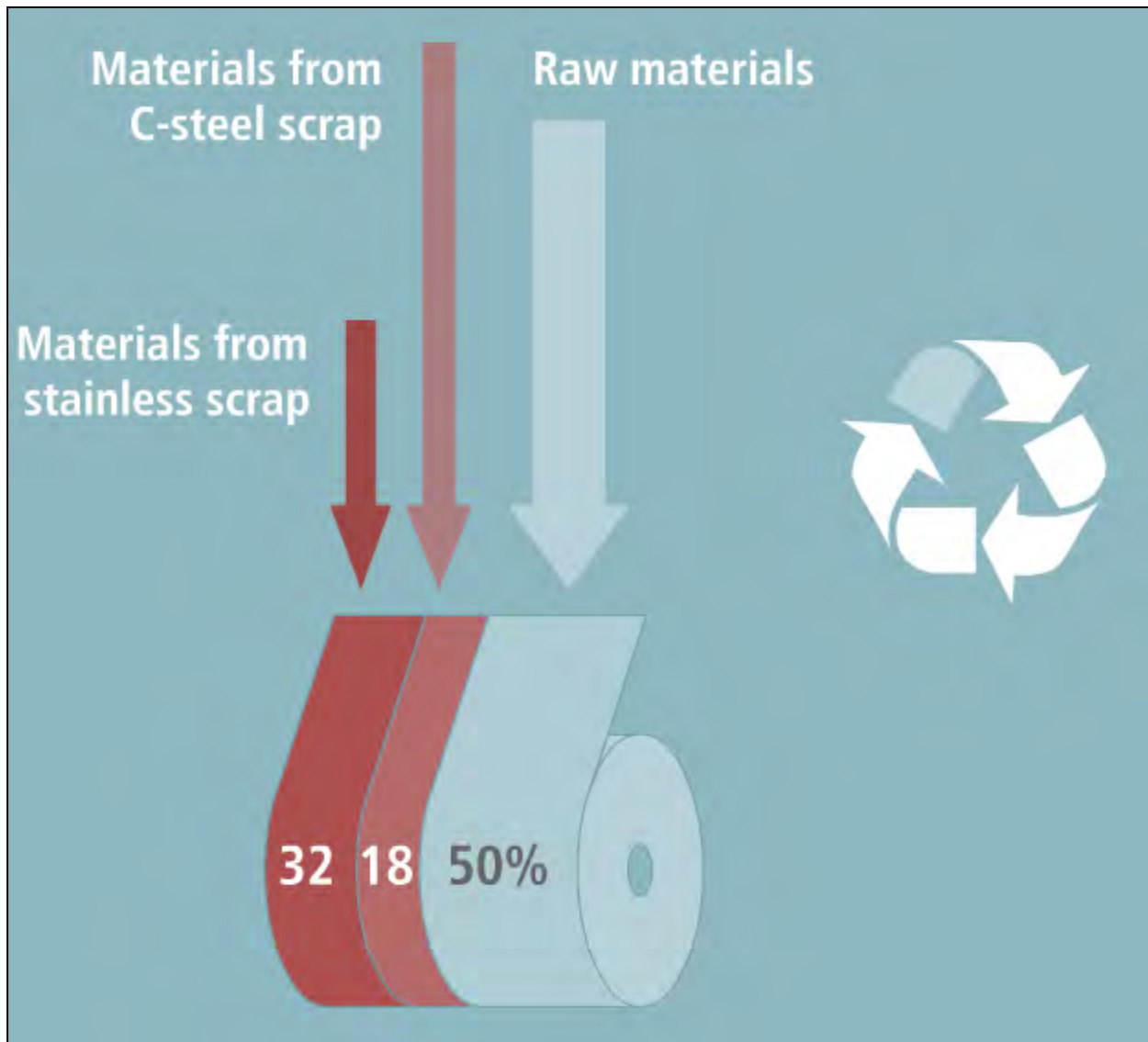
End Use Sector	Average lifetime (in years)	To landfill	Collected for recycling		
			Total	As stainless steel	As carbon steel
Building and infrastructure	50	8%	92%	95%	5%
Transportation (passenger cars)	14	13%	87%	85%	15%
Transportations (others)	30				
Industrial Machinery	25	8%	92%	95%	5%
Household Appliances and Electronics	15	30%	70%	95%	5%
Metal Goods	15	40%	60%	80%	20%

Emissioni GHG vs. contenuto riciclabile ^{11, 12, 13, 14}



* Il contenuto riciclato è limitato dalla disponibilità di rottame

**AGGIORNATO
AL 2015!**

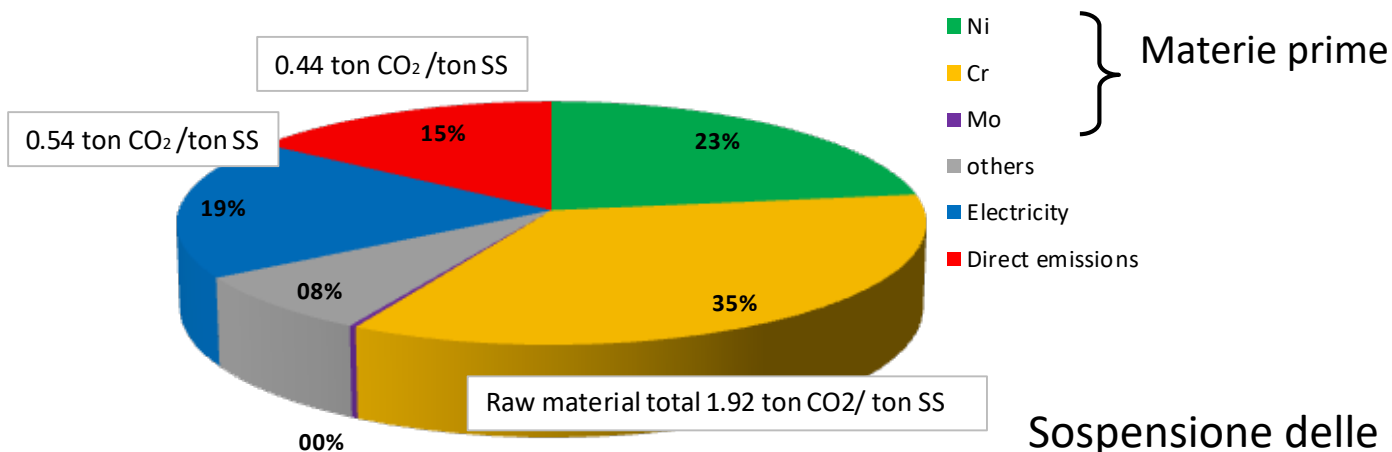


Contenuto riciclato di acciaio inossidabile

Emissioni di gas serra per l'acciaio inossidabile ⁽¹⁵⁾

AGGIORNATO
AL 2015 !

3,3 tonnellate di CO₂/ tonnellate di acciaio inossidabile ⁽¹⁶⁾

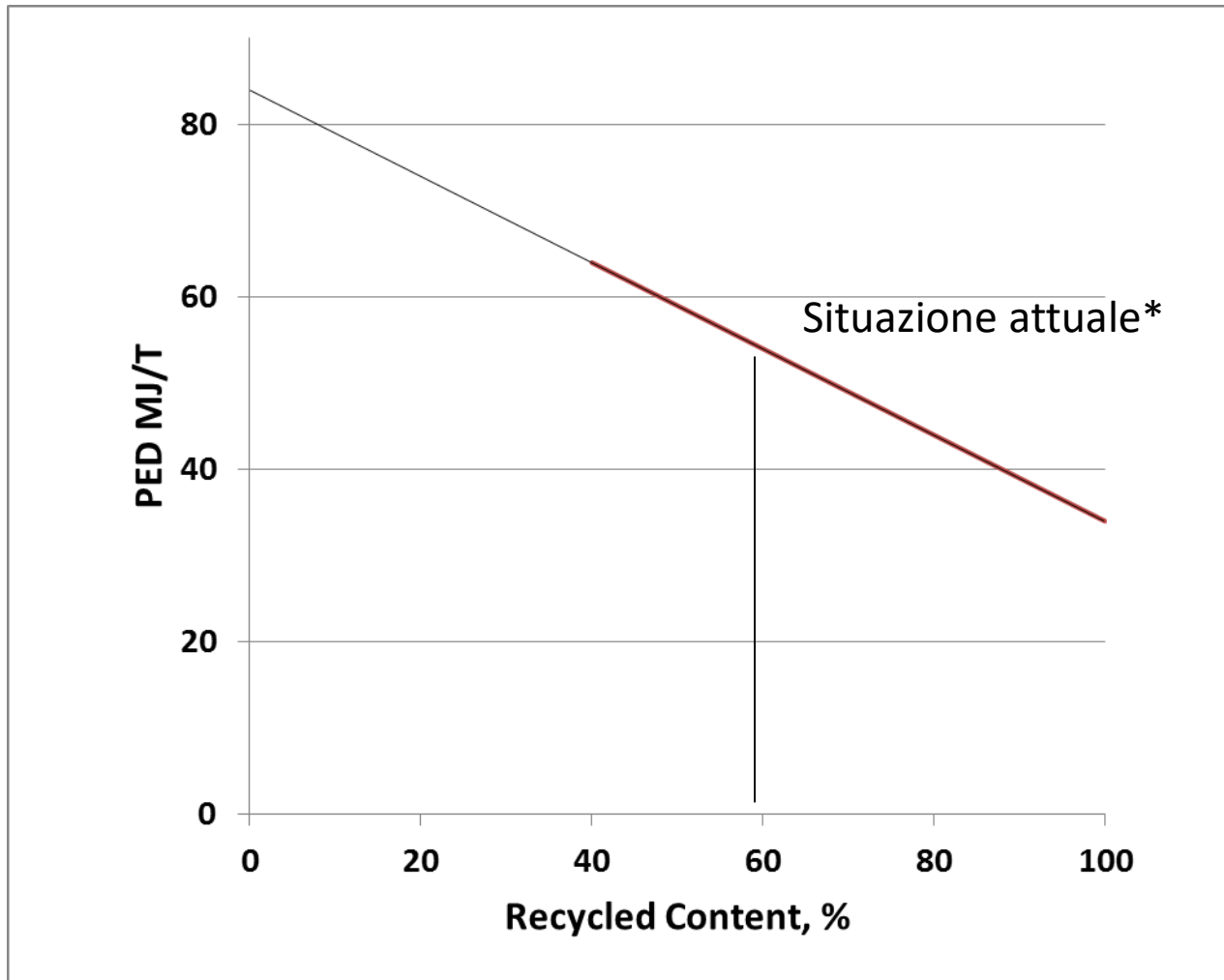


Sospensione delle emissioni:

- Materie prime: ~58 %
- Produzione di energia elettrica: ~19 % ⁽¹⁷⁾
- Produzione di acciaio: ~15%

Nota: non si tiene conto del nickel prodotto dal Nickel Pig Iron Route, per il quale il dato relativo al Ni è stimato 3 volte superiore. La Cina è attualmente l'unico paese che usa il Nickel Pig iron

Domanda di energia primaria ¹⁸



* Il contenuto riciclato è limitato dalla disponibilità di rottame

Impatti ambientali per la produzione di metallo “dalla culla al cancello” ¹⁹

Metallo	Processo	GER (MJ/kg)	GWP (kg CO _{2e} /kg)	AP (kg SO _{2e} /kg)	SWB (kg/kg)
Acciaio inossidabile	Forno elettrico e AOD	75	6.8	0.051	6.4
Acciaio	Percorso integrato (BF e BOF)	23	2.3	0.020	2.4
Alluminio	Raffinazione Bayer, fusione Hall-Heroult	361	35.7	0.230	16.9
Rame	Fusione/conversione e raffinazione elettrolitica	33	3.3	0.040	64
	Lisciviazione in cumulo e SX/EW	64	6.2	-	125

GER: Requisito di energia lorda

AP potenziale: Potenziale di acidificazione

GWP: Riscaldamento globale

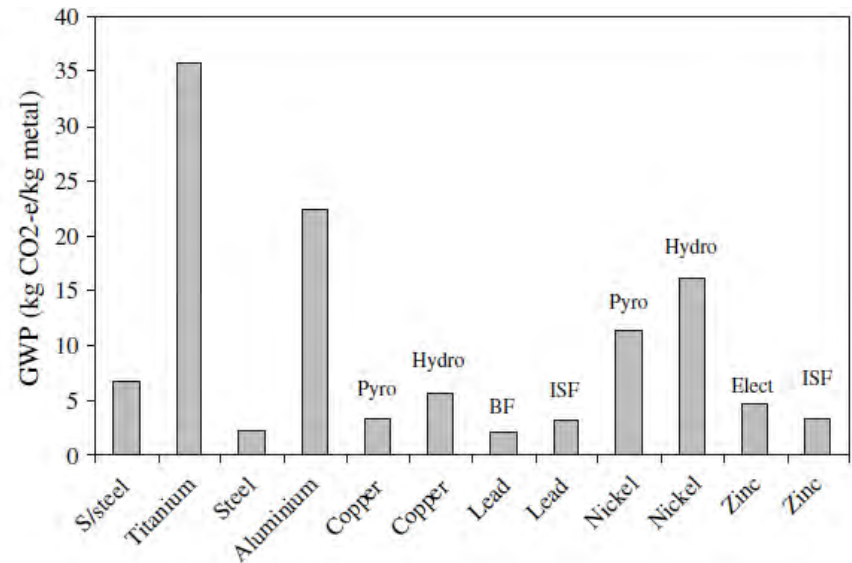
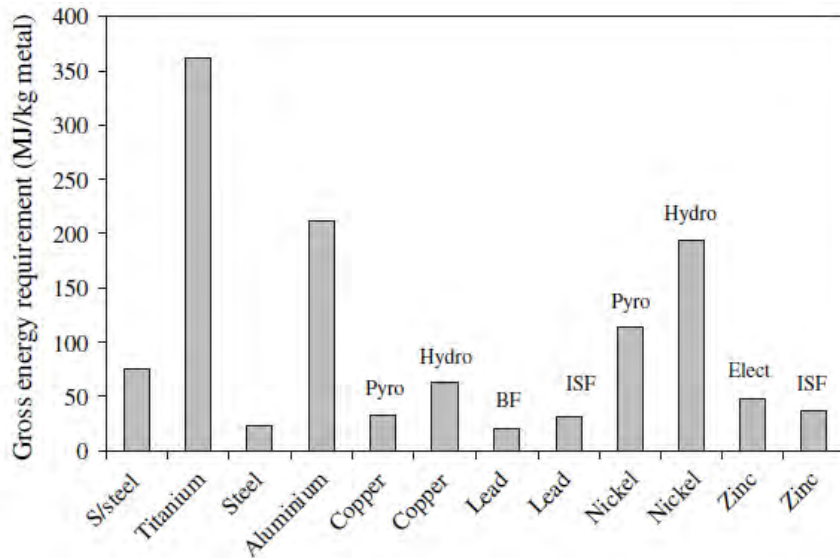
SWB: Carico di rifiuti solidi

Impatti ambientali per la produzione di metallo “dalla culla al cancello”²⁰

Requisito di energia lorda per la produzione di vari metalli "dalla culla al cancello"

Potenziale di riscaldamento globale per la produzione di vari metalli "dalla culla al cancello"

(senza nessun contenuto riciclato)



I materiali non sono utilizzati nella stessa quantità per la stessa funzione o lo stesso servizio²¹

Esempio:

Il potenziale ambientale indicativo ha un impatto per 3 diverse finiture murali.

Materiale	PED (MJ/m²)	GWP (Kg CO₂-eq./m²)	Scenario a fine vita (EOL)
Laminato ad alta pressione come ad es. Trespa®	759.3	23.9	50% riutilizzo + 50% discarica
Stucco generico	144.2	12.7	Non riciclato
Acciaio inossidabile 0.5mm	140.5	7.2	RR = 95%
Acciaio inossidabile 0.8 mm	191.7	11.3	RR = 95%

Efficienza dei materiali



Ridurre:

la quantità di materia prima per produrre acciaio inox. (40%), di conseguenza l'emissione di CO2 diminuisce.

Riutilizzare:

La durata degli acciai inossidabili rende il riutilizzo molto importante.

Esempi: bottiglie, tazze, ciotole, cannucce...





Esempio: Riutilizzare²²

I pannelli di acciaio inossidabile si sono sporcati e graffiati dopo circa 50 anni di utilizzo. Durante la ristrutturazione dell'ingresso, i pannelli di acciaio inossidabile vecchi di 50 anni sono stati rimossi, puliti, rifiniti e riutilizzati.

Efficienza dei materiali



Riciclare:

L'acciaio inossidabile è riciclabile al 100%, tutto il rottame raccolto (82%) viene riutilizzato.

Produzione di acciaio inossidabile con zero rifiuti ⇒ Scorie e polvere sono i principali sottoprodotti e rifiuti che derivano dalla produzione di acciaio. Esempio: le scorie sono utilizzabili nell'asfalto per la realizzazione di strade.

LEED* e dati LCI sull'acciaio inossidabile

- Il Green Building Council statunitense ha rilasciato la certificazione “*Leadership in Energy and Environmental Design” versione 4 (LEED v4) nel 2013
 - La nuova versione include cambiamenti a favore dell'acciaio inossidabile:
 - Maggiore enfasi sulla durata in servizio
 - Requisiti più stretti per le emissioni VOC** (un problema per alcuni materiali come la plastica)
- L'amministrazione dei servizi generali statunitense (gestisce gli edifici e le proprietà US) ha recentemente approvato l'uso di LEED
 - Gli stati e i governi locali richiedono sempre più la certificazione LEED o certificazioni simili per i nuovi edifici o per modificare quelli esistenti

** VOC: Composti organici volatili: per l'acciaio inossidabile, emissioni molto ridotte durante l'elaborazione e la fabbricazione (ancora nessun dato disponibile) e nessuna emissione durante l'uso



Edificio sostenibile con acciaio inossidabile - The David L. Lawrence Convention Center, Pittsburgh (2003) ²⁶

Tetto di acciaio inossidabile:

- Acciaio inossidabile S30400
- Misure: 280 × 96m
- Rivestito con 23.000m² di 0,6mm (calibro 24), pesa circa 136 tonnellate.

Edificio sostenibile con acciaio inossidabile: stato Gold LEED

Lo stato Gold **LEED** (Leadership in Energy and Environment Design) riconosce:

- il rinnovamento di aree industriali dismesse
- la sistemazione di trasporti alternativi
- il consumo ridotto di acqua
- prestazioni energetiche efficienti
- l'uso di materiali che non emettono o emettono basse quantità di tossine
- il design innovativo



Opere civili sostenibili con l'acciaio inossidabile: il pontile di Progreso ²⁷

A Progreso, in Messico, è stato costruito un pontile nel 1970. L'ambiente marino ha corroso l'armatura in acciaio al carbonio – la struttura è crollata.



Opere civili sostenibili con l'acciaio inossidabile: il pontile di Progresso

Il pontile vicino è stato eretto nel 1937 – 1941 usando armature in acciaio inossidabile.



Opere civili sostenibili con l'acciaio inossidabile: il pontile di Progreso

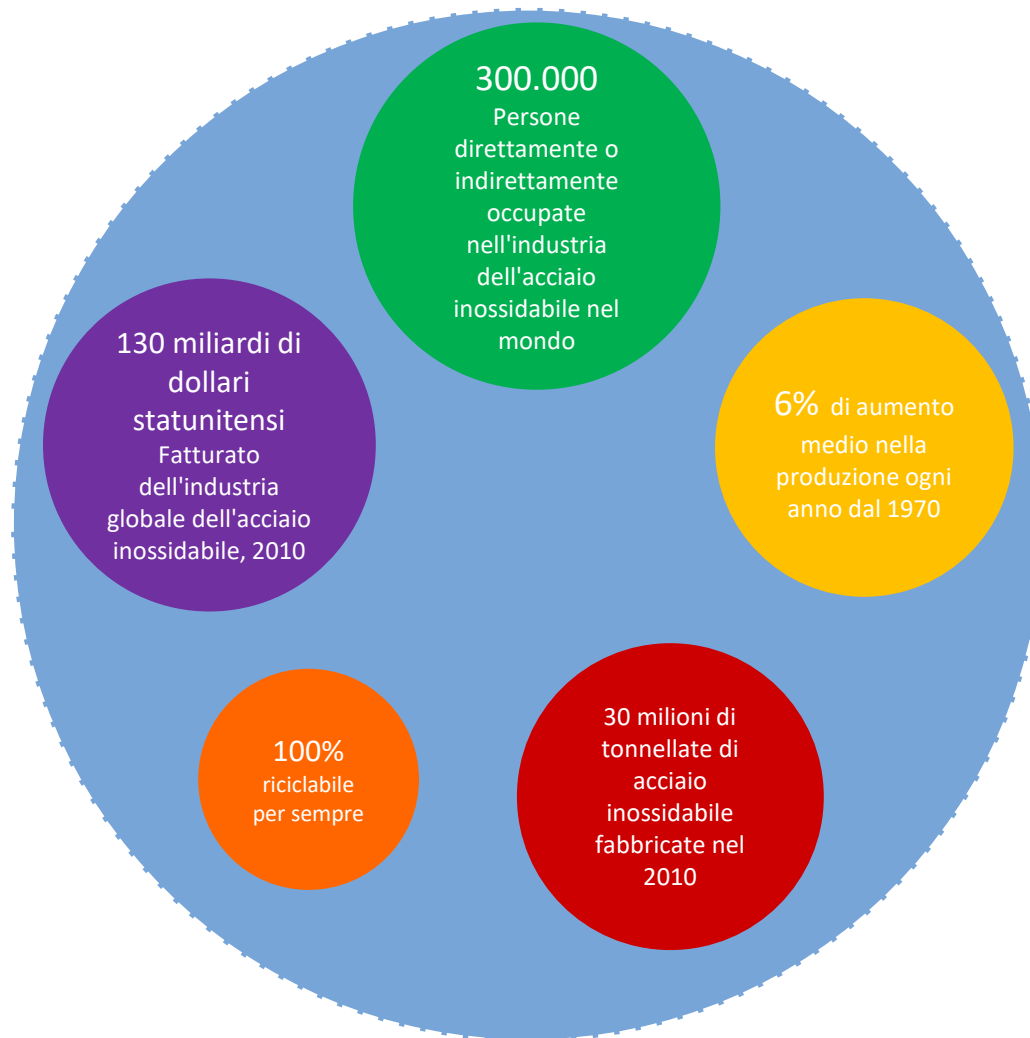
Da allora, non sono stati necessari interventi di manutenzione ed è rimasto intatto.

2. Sociale

Un materiale sostenibile non danneggia le persone che lo lavorano o producono, che lo manipolano durante l'uso, il riciclaggio e lo smaltimento finale.

- L'acciaio inossidabile non è pericoloso per le persone né durante la produzione né durante l'utilizzo. Per queste ragioni, gli acciai inossidabili sono il materiale primario nelle applicazioni mediche, alimentari, domestiche e di catering.
- La sicurezza, come ad esempio un posto di lavoro sano ed esente da infortuni, è la priorità fondamentale per l'industria dell'acciaio inossidabile.
- L'acciaio inossidabile migliora anche la qualità di vita permettendo dei progressi tecnici. Ad esempio gli impianti che ci forniscono acqua potabile, cibo e farmaci non sarebbero così igienici ed efficienti senza l'acciaio inossidabile.

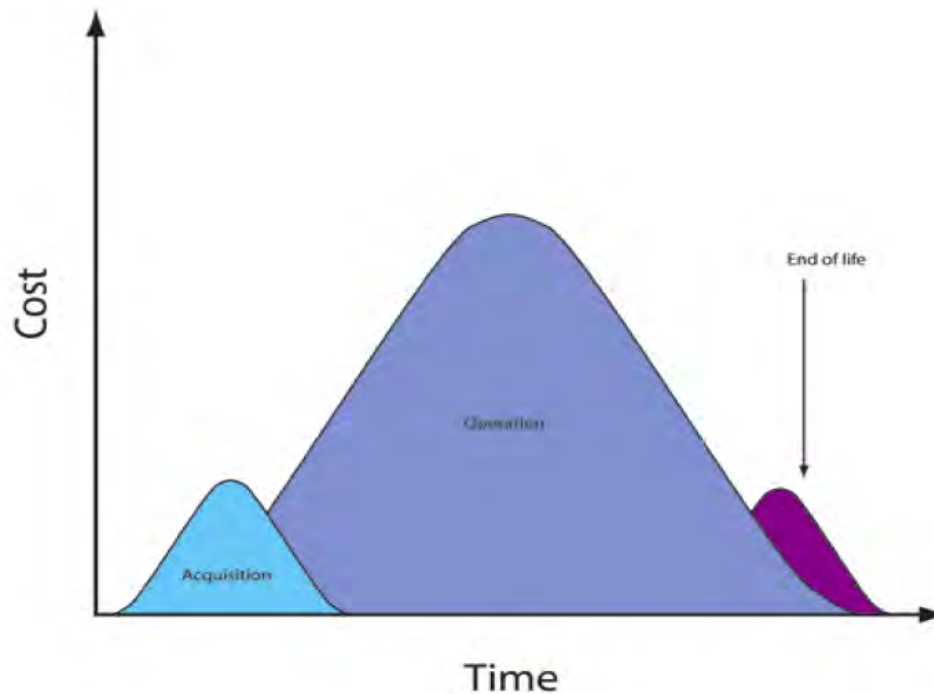
3. Economica



Costo del ciclo di vita (LCC) ³⁰

- LCC è il costo di un bene durante il suo ciclo di vita, mentre adempie ai requisiti delle prestazioni (ISO 15686-5).
- LCC è la somma di tutti i costi correlati a un prodotto sostenuti durante il ciclo di vita:

ideazione ⇒ **fabbricazione** ⇒ **funzionamento** ⇒ **fine vita**



Source: Methodology of life cycle costing, European commission

Costo del ciclo di vita (LCC)

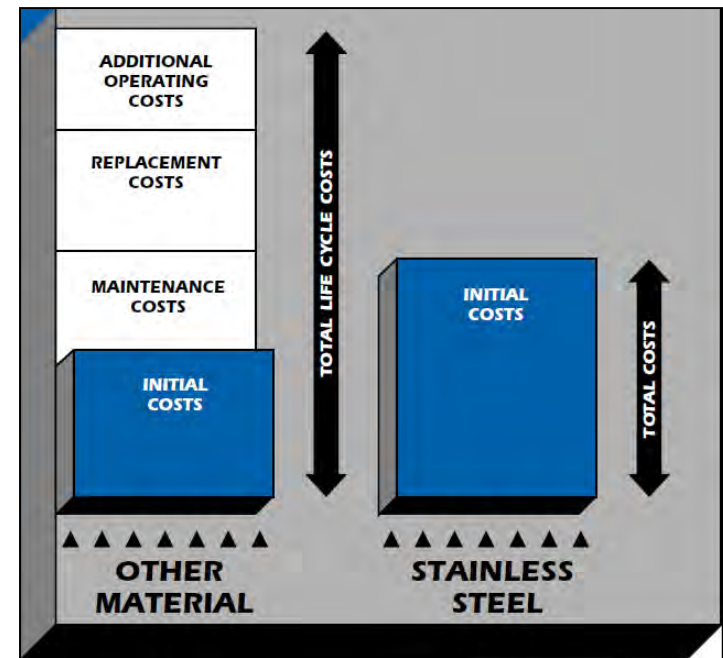
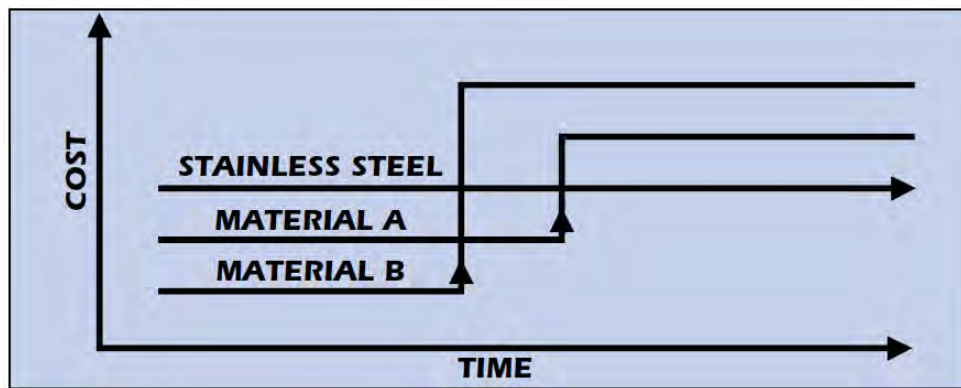
LCC è una procedura matematica che aiuta a prendere decisioni sugli investimenti e/o confronta diverse opzioni di investimento.

All Costs at Present Value Before Addition:					
Total life cycle cost (LCC)	Initial materials acquisition costs (AC)	Initial materials installation & fabrication costs (IC)	Operating & maintenance costs (OC)	Lost production costs during down-time (LP)	Replacement materials costs (RC)
LCC	= AC	+ IC	+ $\sum_{n=1}^N \frac{OC}{(1+i)^n}$	+ $\sum_{n=1}^N \frac{LP}{(1+i)^n}$	+ $\sum_{n=1}^N \frac{RC}{(1+i)^n}$

Where: **N** = Desired service life **i** = Real interest rate **n** = Year of the event

L'acciaio inossidabile non è costoso se si considera il costo del ciclo di vita ³¹

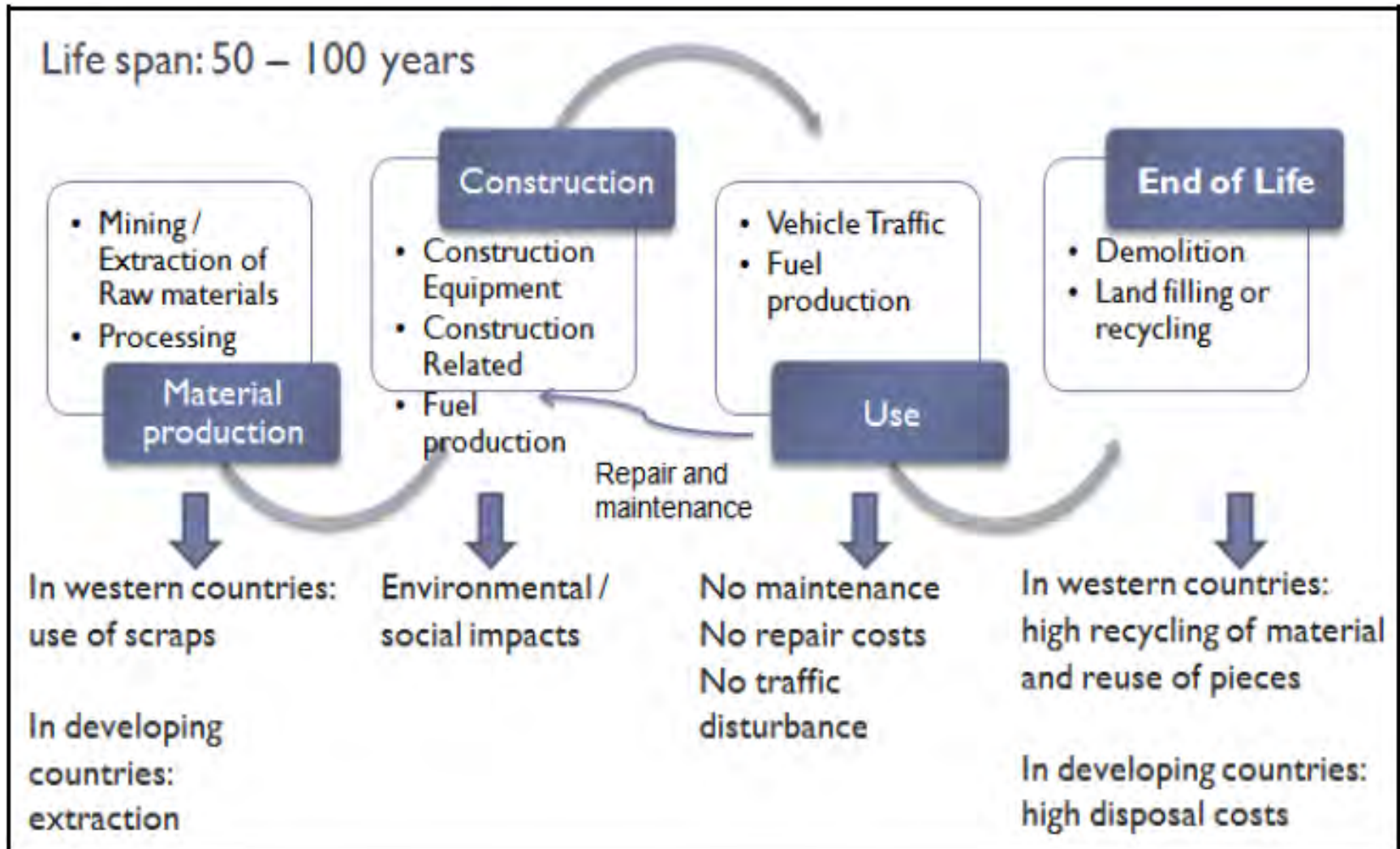
Il costo di altri materiali aumenta sostanzialmente nel tempo, mentre il costo dell'acciaio inossidabile si mantiene normalmente costante.



"La corrosione dei metalli costa ogni anno oltre 300 miliardi di dollari all'economia degli Stati Uniti. Si stima che circa un terzo di questo costo (100 miliardi di dollari) sia evitabile usando la migliore tecnologia conosciuta. Ciò comincia con la progettazione, la scelta di materiali anticorrosione come l'acciaio inossidabile e quantificando i costi iniziali e futuri compresa la manutenzione con il costo del ciclo di vita/le tecniche LCC. "

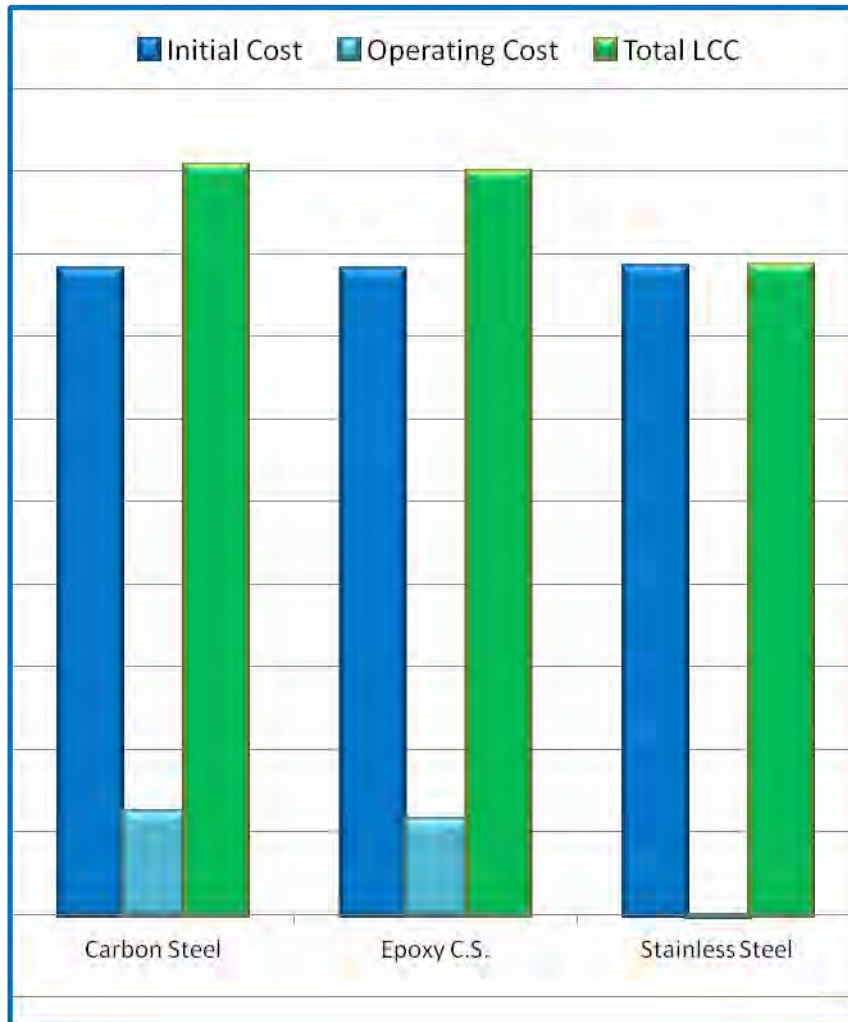
Esempio LCC: Ponti

Esempio delle fasi del ciclo di vita di un ponte di acciaio inossidabile e dei suoi impatti sull'ambiente in diverse aree del mondo



Esempio LCC: Ponte

Sintesi del costo del ciclo di vita di un ponte di un'autostrada in cemento armato ³²



Descrizione	Acciaio al carbonio	Acciaio al carbonio epossidico	Acciaio inossidabile
Costi del materiale	8.197	31.420	88.646
Costi di fabbricazione	0	0	0
Altri costi di installazione	15.611.354	15.611.345	15.611.354
Costi iniziali	15.619.551	15.642.774	15.700.000
Manutenzione	0	0	0
Sostituzione	256.239	76.872	-141
Produzione persa	2.218.524	2.218.524	0
Materiale correlato	0	0	0
Costi di esercizio	2.247.763	2.295.396	-141
LCC totale (USD)	18.094.314	17.937.170	15.699.859

Esempio LCC: Copertura di tetti

Costo del ciclo di vita di un tetto ^{33, 34, 35}



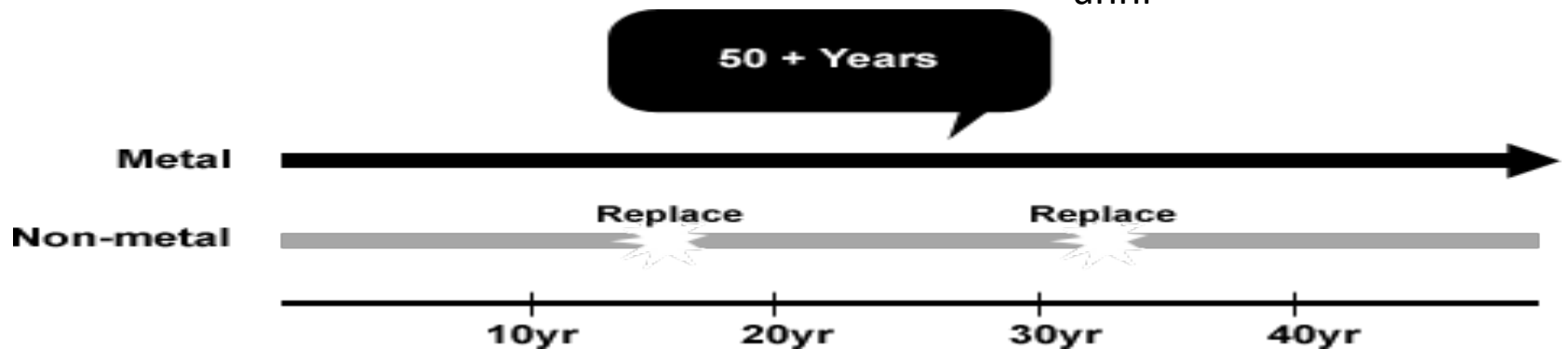
Sistemi tradizionali per la copertura di tetti, ~30 anni



Sistema metallico per la copertura di tetti, 40-50 anni

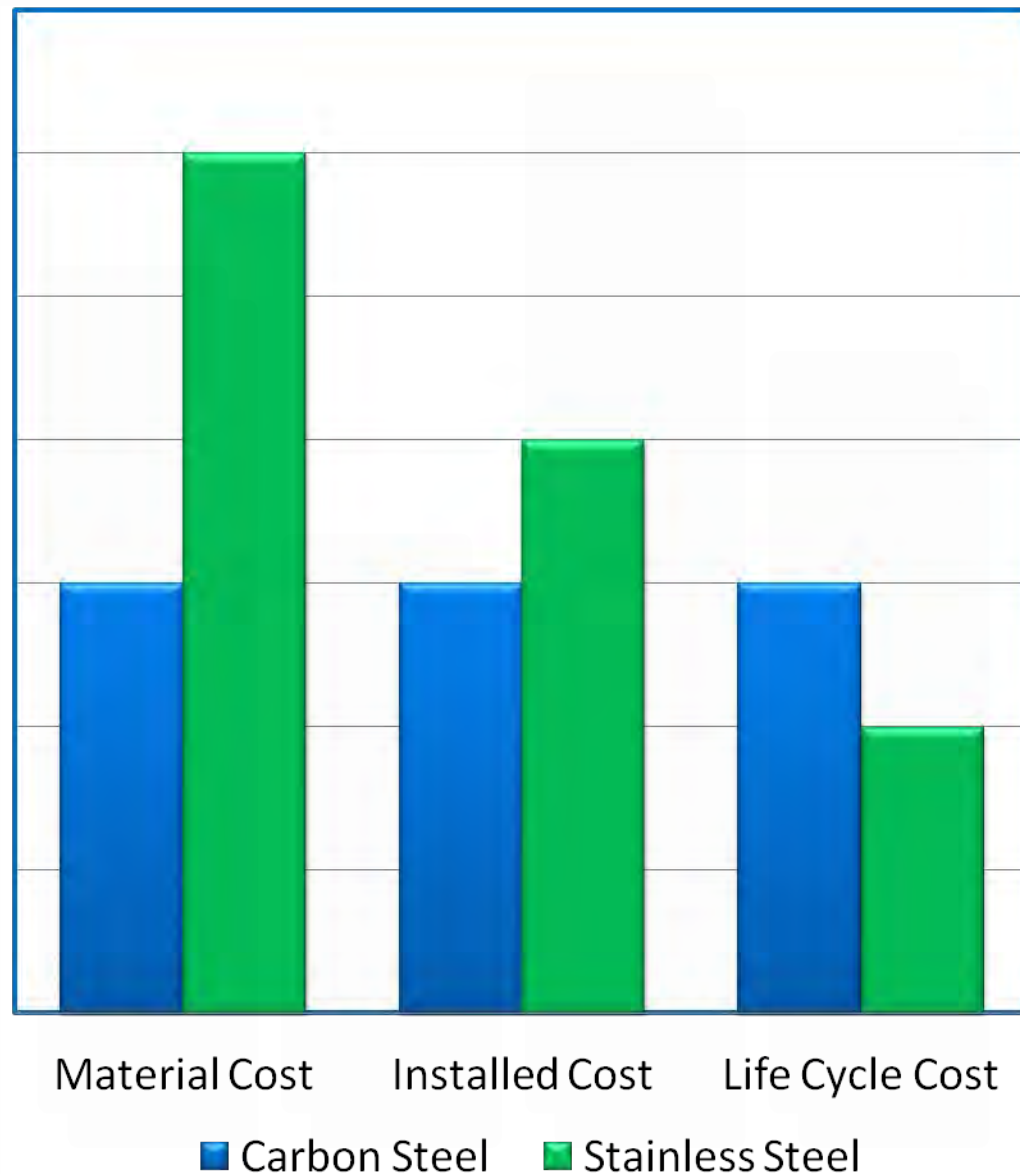


Sistema in acciaio inossidabile per la copertura di tetti, più di 50 anni



Esempio LCC: Copertura di tetti

Confronto di prezzo tra acciaio al carbonio zincato rivestito 0.6 mm e a acciaio inossidabile 0.4 mm di grado 1.4401: Grazie alle proprietà meccaniche degli acciai inossidabili, lo spessore del materiale può essere ridotto fino a 0.5 o 0.4 mm, ottenendo un peso più leggero (4,68 kg/m² per l'acciaio al carbonio rivestito 0.7 mm, 3,12 kg/m² per l'acciaio inossidabile). Mentre l'acciaio al carbonio ha un'aspettativa di vita pari a 15-20 anni, la durata in servizio di un tetto in acciaio inossidabile è generalmente quella dell'edificio.



Architettura in acciaio inossidabile senza tempo⁴³



Savoy hotel, London, 1929



Empire State building, New York, 1931



Chrysler Building, New York, 1930



Helix Bridge, Singapore, 2011







Petronas Towers, Kuala Lumpur



Cloud Gate "Jelly Bean", Chicago, 2008

Confronto del costo del ciclo di vita ^{36, 37, 38, 39, 40}

Monumento	Data di completamento	Materiale	Altezza	Manutenzione
<p>Torre Eiffel - Parigi</p> 	<p>1889</p> 	<p>Ferro battuto</p>	<p>324m</p>	<p>Ogni 7 anni. Ogni intervento di verniciatura dura circa un anno e mezzo (15 mesi). 50-60 tonnellate di vernice, 25 imbianchini, 1500 pennelli, 5000 dischi per carteggiatura e 1500 set di abiti da lavoro.</p>
<p>Chrysler Building (tetto e ingresso) – New York</p> 	<p>1930 (tetto 1929)</p> 	<p>Acciaio inossidabile austenitico (302)</p>	<p>319m</p>	<p>Due volte nel 1951, 1961. La soluzione per la pulitura del 1961 non è nota. Nel 1995 è stato utilizzato un detergente delicato, sgrassante e abrasivo.</p>

Cosa rende l'acciaio inossidabile “verde”?

Valutazione ambientale dell'acciaio inossidabile ⁴¹

Che cos'è il contenuto riciclato?	60%
È riciclabile al 100%?	Sì
Offre una lunga durata?	Sì (riduce la manutenzione e la frequenza dello smaltimento)
È presente contenuto riciclato?	Sì (sia post-consumatore sia post-industriale)
I rifiuti da costruzione sono deviati dalle discariche?	Sì (elevato valore del rottame e potenziale di riutilizzo del prodotto)
Può essere recuperato e riutilizzato durante gli interventi di ristrutturazione?	Sì
È un materiale a basse emissioni?	Sì (no rivestimenti = zero emissioni)
Può contribuire al miglioramento della qualità dell'aria al chiuso?	Sì (nessun composto organico volatile (VOC), eliminazione di batteri, tubatura resistente alla corrosione)
Aiuta a evitare l'uso di materiali tossici?	Sì (barriere antitermite durature, deflusso minimo del tetto)
Può risparmiare energia?	Sì (frangisole, copertura di tetti, inserti di balconi)
Contribuisce a generare energia pulita?	Sì (pannelli solari, scrubber di centrale elettrica)
Può conservare l'acqua?	Sì (linee dell'acqua e serbatoi resistenti alla corrosione e ai terremoti)
I pannelli riflettenti possono aggiungere luce naturale?	Sì
Può estendere la vita di altri materiali?	Sì (ancoraggi di pietra e muratura, dispositivi di fissaggio per legno e metalli come ad es. Al)

CONCLUSIONI

- La sostenibilità è una grande e importante sfida per il futuro dell'industria dell'acciaio inossidabile. Sono stati fatti degli sforzi per ridurre le emissioni di CO2 aumentando la riciclabilità e migliorando i processi.
- L'acciaio inossidabile ha una combinazione di proprietà di cui occorre tener conto nel processo decisionale in fase di progettazione:
 - Caratteristiche meccaniche
 - Proprietà di resistenza alla corrosione
 - Resistenza al fuoco
 - Riciclabilità
 - Lunga durata
 - Bassi costi di manutenzione
 - Neutralità, è igienico
 - Valore estetico
 - Neutralità all'acqua piovana

Grazie

Riferimenti e fonti (1/3)

1. <https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:a5cd469c-89cb-4d57-9ad8-13a0d86d65f0/Sustainability+indicator+definitions+and+relevance.pdf>
2. <http://ghginstitute.org/2010/06/28/what-is-a-global-warming-potential/>
3. <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILCD-Handbook-General-guide-for-LCA-DETAILED-GUIDANCE-12March2010-ISBN-fin-v1.0-EN.pdf>
4. <https://www.gsa.gov/portal/content/101197>
5. Recycled content is defined in accordance with the ISO Standard 14021 -Environmental labels and declarations - Self declared environmental claims (Type II environmental labeling).
6. <http://www.greenspec.co.uk/building-design/recycled-content/>
7. <http://www.fao.org/docrep/u2246e/u2246e02.htm>
8. B. Rossi. Stainless steel in structures: Fourth International Structural Stainless Steel Experts Seminar. Ascot, UK. 6-7 December 2012.
9. Source: Yale University/ISSF Stainless Steel Project, 2013
10. B. Rossi. ArcelorMittal International Scientific Network in Steel Construction Sustainability Workshop and Third Plenary Meeting, Bruxelles, 2010.
11. B. Rossi. Stainless steel in structures: Fourth International Structural Stainless Steel Experts Seminar. Ascot, UK. 6-7 December 2012.
13. T.E. Norgate, S. Jahanshahi, W.J. Rankin. Assessing the environmental impact of metal production processes. Journal of Cleaner Production 15 (2007), 838-848.
14. <http://www.worldstainless.org/Files/issf/Animations/Recycling/flash.html>

Riferimenti e fonti (2/3)

15. ISSF [https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF Stainless Steel and CO2.pdf](https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_Steel_and_CO2.pdf). Data from European and Japanese ISSF members
16. Based on 2013 data, including 60% scrap content (and therefore 40% new materials) and energy contribution to GHG
17. Data provided by ISSF, estimates calculated by SCM. Includes 60% recycled content
18. ISSF www.worldstainless.org. Data from European and Japanese ISSF members
19. T.E. Norgate, S. Jahanshahi, W.J. Rankin. Assessing the environmental impact of metal production processes. Journal of Cleaner Production 15 (2007), 838-848.
20. T.E. Norgate, S. Jahanshahi, W.J. Rankin. Assessing the environmental impact of metal production processes. Journal of Cleaner Production 15 (2007), 838-848.
21. B. Rossi. Stainless steel in structures: Fourth International Structural Stainless Steel Experts Seminar. Ascot, UK. 6-7 December 2012.
22. C. Houska. Sustainable Stainless Steel Architectural.
23. <http://www.worldstainless.org/Files/issf/Animations/Recycling/flash.html>
24. <https://www.drkarenslee.com/comparing-reusable-bottles-stainless-steel-glass-plastic/>
25. Yale University/ISSF Stainless Steel Project, 2013
26. The Greening of a Convention Centre. Nickel, Volume 23, Number 3, June 2008, 6-9.
27. <https://www.nickelinstitute.org/Sustainability/LifeCycleManagement/LifeCycleAssessments/LCAProgresopier.aspx>
28. International Stainless Steel Forum www.worldstainless.org
29. World Steel Association
30. A. Dusart, H. El-Deeb, N. Jaouhari, D. Ka, L.Ruf . Final Report ISSF Workshop. Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 2011.

Riferimenti e fonti (3/3)

31. http://www.ssina.com/download_a_file/lifecycle.pdf
32. <https://www.nickelinstitute.org/nickel-magazine/nickel-magazine-vol-31-no1-2016/>
33. www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/RoofingTech_EN.pdf
34. <http://www.ametalsystems.com/RoofLifecycleCostComparison.aspx>
35. <http://www.metalroofing.com/v2/content/guide/costs/life-cycle-costs.cfm>
36. <https://www.tou Eiffel.paris/en>
37. https://en.wikipedia.org/wiki/Eiffel_Tower
38. <http://corrosion-doctors.org/Landmarks/Eiffel.htm>
39. http://en.wikipedia.org/wiki/Chrysler_Building#
40. Nickel Development Institute. Timeless Stainless Architecture. Reference Book Series No 11 023, 2001
41. C. Houska. Sustainable Stainless Steel Architectural. Construction Canada, September 2008, 58-72.
42. Nickel Development Institute. Timeless Stainless Architecture. Reference Book Series No 11 023, 2001
43. G. Gedge. Structural uses of stainless steel — buildings and civil engineering. Journal of Constructional Steel Research 64 (2008), 1194–1198.
44. <http://www.metalsforbuildings.eu/>
45. <http://www.circle-economy.com/circular-economy/>
46. <http://www.irishenvironment.com/iepedia/circular-economy/>

Appendice

Riciclaggio di altri materiali

Questo è un argomento complesso
Ha lo scopo di fornire alcune idee su altri materiali,
per finalità di confronto
Le fonti sono indicate

Maggiori informazioni sul riciclaggio: Cemento e calcestruzzo

<http://www.wbcdcement.org/pdf/CSI-RecyclingConcrete-FullReport.pdf>

- Il 20% massimo di calcestruzzo frantumato può essere usato nel calcestruzzo nuovo.
 - solo come aggregati, non come cemento
 - il calcestruzzo così prodotto è un prodotto di qualità inferiore, non adatto a tutte le applicazioni
- Sembra che, dopo la demolizione, la maggior parte del calcestruzzo finisca nei fondi stradali e in discarica (non sono disponibili dati precisi)
- La frantumazione del vecchio calcestruzzo e il trasporto sono le operazioni principali del riciclaggio, da confrontare con l'approvvigionamento di aggregati a livello locale.
- Complessivamente, il riciclaggio implica ogni volta il downcycling.
- Riutilizzare il cemento in blocchi dopo la demolizione è solo marginale oggi, ma potrebbe fornire la via più breve per il riutilizzo senza il downcycling. Tuttavia, non è facile da implementare!

Maggiori informazioni sul riciclaggio della plastica

<http://www-g.eng.cam.ac.uk/impee/?section=topics&topic=RecyclePlastics&page=materials>

- Il rottame circolante (generato alla fonte di produzione) è già riciclato quasi al 100%
- Il riciclaggio di plastiche usate è un grande problema:
 - La raccolta richiede tempo, è molto costosa
 - La separazioni dei rifiuti di plastica mista è difficile - la contaminazione è inevitabile.
 - Eliminare etichette, stampe è impossibile con percentuale di successo 100%
 - Qualsiasi tipo di contaminazione compromette il riutilizzo in applicazioni "hi tech"
 - => la plastica riciclata (a parte quella circolante) è riutilizzata in applicazioni di grado inferiore (downcycling): PET: tappeti economici, pile; PE e PP: pannelli listellari, panchine per parco
 - => e/o sarà eventualmente bruciata o peggio interrata o ancora peggio lasciata galleggiare negli oceani.

Maggiori informazioni sul riciclaggio: Legno (da ABC*)

- La migliore opzione di riciclaggio è, ovviamente, il riutilizzo. Sembra che vi sia uno sforzo enorme nel continuare a raccogliere, ricondizionare e rifabbricare il legname e altri prodotti del legno. Quanto ne venga riutilizzato non è chiaro.
- Il legname non trattato ha trovato un numero crescente di nuovi utilizzi: prodotti per la terra e l'orticoltura, lettiere per animali, superfici di centri equestri...
- Il legname e il legno trattati (il trattamento chimico previene i danni da UV, insetti, funghi, putrefazione) contengono sostanze chimiche nocive, che ne limitano fortemente l'utilizzo. L'uso più ampio finora è stato la produzione di pannelli truciolari, ma cosa accade a questi pannelli alla fine del loro ciclo di vita resta poco chiaro.
- Si dovrebbe sottolineare che la deforestazione complessiva in atto sul pianeta non depone a favore di risorse illimitate di nuovo legno, specialmente nei paesi settentrionali in cui ci vuole un secolo affinché un albero cresca completamente
- Abbattere una foresta e ripiantare gli alberi lascia lo strato superficiale del suolo aperto all'erosione per un periodo e distrugge l'ecosistema nell'area interessata, probabilmente al di là dell'autoriparazione.
- Da ultimo, è stato argomentato che la neutralità carbonica è stata ottenuta solo quando la foresta ripiantata è completamente cresciuta....circa 30 anni dopo o più!

<https://dtsc.ca.gov/toxics-in-products/treated-wood-waste/>

<https://woodrecyclers.org/about-waste-wood/wood-recycling-information/>

http://en.wikipedia.org/wiki/Wood_preservation

<http://www.wasteminz.org.nz/wp-content/uploads/Scott-Rhodes.pdf>

<http://www.brighthub.com/environment/green-living/articles/106146.aspx>

*ABC: architettura, edilizia e costruzione