



**NiDI**  
Nickel  
Development  
Institute

\*\*\*\*\*

**Carol A. Powell**  
B. Sc., C. Eng., M.I.M.  
Consultant Metallurgist

**L'USO DEGLI ACCIAI INOSSIDABILI  
NEGLI IMPIANTI PER ACQUA POTABILE**

Relazione presentata al convegno:  
"Gli acciai inossidabili e l'acqua potabile"  
Aspetti sanitari, tecnici e normativi degli impianti

*Organizzato dal Centro Inox e dal NiDI*

*Milano, 10 aprile 1997*

## **L'USO DEGLI ACCIAI INOSSIDABILI NEGLI IMPIANTI PER ACQUA POTABILE**

**di C.A.Powell**  
**Consulente Nickel Development Institute**

### **Sommario**

In tutto il mondo l'impiego dell'acciaio inossidabile negli impianti per acqua potabile dei grandi centri commerciali e istituzionali, è in aumento.

Questa memoria prende in esame l'esperienza acquisita con l'acciaio inossidabile e le informazioni più recenti ottenute da fonti giapponesi e scozzesi sugli impianti installati nonché, le precauzioni per ottenere i migliori risultati possibili.

### **Introduzione**

L'acqua potabile è acqua dolce con un contenuto di sali minerali ben definito e che è stata opportunamente resa igienica da bere. E' usata in numerose applicazioni nelle case e nell'industria ed in tutti i paesi industriali è controllata da severe regole e standard.

In Europa, la direttiva (attualmente in revisione) relativa alla qualità dell'acqua per il consumo umano, è la 80/778/EEC. Tutti gli stati membri debbono attenersi ad essa.

L'impiego dell'acciaio inossidabile per il trattamento e i sistemi di distribuzione, negli ultimi 15 anni, è aumentato in molti paesi, ma in modo particolare in Germania e in Giappone. Facendo attenzione alla qualità del materiale, ai metodi di fabbricazione e all'installazione degli impianti, di possono ottenere eccellenti risultati in complessi istituzionali, commerciali e domestici rispettando i limiti analitici dell'acqua potabile.

### **Tipi di Acciai Inossidabili**

Gli acciai inossidabili austenitici abbinano resistenza alla corrosione e resistenza meccanica, fabbricabilità ed economia.

I tipi maggiormente usati negli impianti per acqua potabile, sono elencati nella Tabella 1 e contengono 16,5 - 20% Cr, 8-13,5% Ni e fino al 2,5% Mo. In questa presentazione per semplicità, le leghe sono identificate con i numeri dell'ultima colonna che sono i più vicini al tipo AISI.

**Tavola 1**  
**Composizione chimica delle leghe tipiche usate negli impianti per Acqua Potabile**

EN 10088-2	Composizione % in peso					No. Identificazione usato in questa presentazione
	C	Cr	Ni	Mo	Ti	
1.4301	0.07 max	17.0- 19.5	8.0- 10.5			304
1.4306	0.030 max	18.0- 20.0	10.0- 12.0			304 L
1.4401	0.07 max	16.5 -18.5	10.0- 13.0	2.0 -2.5		316
1.4404	0.030 max	16.5 -18.5	10.0 -13.0	2.0 -2.5		316 L
1.4571	0.08 max	16.5 -18.5	10.5 -13.5	2.0 -2.5	5xC to 0.70	316 Ti

(Nel 1995, il numero di identificazione, il nome, il campo analitico e le caratteristiche meccaniche della EN10088, hanno ufficialmente sostituito, per simili acciai inossidabili, qualsiasi altra designazione nazionale e standard nei paesi dell'intera CEE).

Per quanto leggermente più resistenti, gli acciai inossidabili ad un più alto contenuto di carbonio, sono suscettibili a sensibilizzazione termica che potrebbe portare ad una corrosione preferenziale nelle zone adiacenti le saldature. Dove la saldatura dei tubi e i metodi di fabbricazione potrebbero dar luogo alla sensibilizzazione del materiale, questo rischio può essere totalmente eliminato usando materiale a basso contenuto di carbonio, cioè 304L e 316L oppure, ricorrendo ad un tipo di acciaio inossidabile stabilizzato con Ti come il 316Ti. Con acque e condizioni più aggressive oppure per impianti con inerenti interstizi si consigliano i tipi contenenti molibdeno 316, 316L oppure 316Ti.

I valori tipici delle caratteristiche meccaniche per i vari tipi di acciai inossidabili sono elencati nella Tabella 2.

**Tabella 2**  
**Caratteristiche meccaniche degli Acciai Inossidabili**  
**(basata su EN 10082-2 per nastri laminati a freddo solubilizzati)**

Tipo	Snervamento 0,2% N/mmq (min)	Trazione N/mmq (min)	Allungamento % (min)
304	230	540-750	45
304L	220	520-670	45
316	240	530-680	40
316L	240	530-680	40
316Ti	240	540-690	40

Normalmente i tubi richiesti negli impianti per acqua potabile sono fabbricati da nastri solubilizzati, sagomati e saldati longitudinalmente. La loro resistenza è molto più alta di quelli di rame pur avendo una buona duttilità. Ciò significa che l'acciaio inossidabile può essere piegato come le tubazioni in rame però con maggiore sforzo di sagomatura. Il prodotto che ne deriva è più forte e più resistente a danneggiamenti, di qualsiasi altro materiale usato per tubi destinati agli impianti per acqua potabile.

I tubi con spessore superiore a 1 mm, possono essere uniti in modo circonferenziale mediante saldatura automatica TIG.

## **Raccordi**

I raccordi disponibili in Europa sono a pressione, a compressione, a capillarità, predisposti per giunti da effettuare con adesivi oppure con stagno, ed a inserzione.

Raccordi a pressione, a compressione in acciaio inossidabile e in leghe a base di rame, sono reperibili, e sono stati usati con successo per molti anni. Gli acciai inossidabili sono compatibili galvanicamente nell'acqua potabile con le leghe di rame e i raccordi a base di rame sono usualmente fabbricati con ottone anti-dezincoficazione e bronzi al piombo (gun metal).

I giunti a pressione sono eseguiti con una attrezzatura elettro-meccanica e la loro realizzazione a tenuta stagna si effettua in pochi secondi.

La tenuta è realizzata mediante un serraggio del raccordo (crimping) su un anello di materiale polimerico. Questi sistemi si sono affermati nell'ultima decade in Germania e in altri paesi europei perchè hanno dato buoni risultati. Raccordi per giunti a pressione sono prodotti con diametri nominali fino a 100 mm.

L'anno scorso sono stati introdotti raccordi del tipo ad inserzione. I giunti anche con questo tipo di raccordi vengono realizzati nel giro di secondi e la tenuta è assicurata da un elastomero a forma di "O-ring". Il serraggio è assicurato da un collarino in plastica.

Negli anni '70 i tubi in acciaio inossidabile si attribuirono una brutta reputazione perchè si usavano, nell'esecuzione di giunti a caldo, fondenti contenenti acido cloridrico che originava seri problemi di vaiolatura. La soluzione fu trovata adottando fondenti a base di acido fosforico. Fondenti contenenti cloruri non devono essere mai usati per lavori eseguiti con acciaio inossidabile.

Oggigiorno, collegamenti a caldo con leghe a base di stagno e piombo non sono più effettuati negli impianti per acqua potabile. Si usano in sostituzione leghe più dure a base di argento e fondenti esenti da cloruri.

La corrosione a lama di coltello o corrosione interfacciale si è qualche volta verificata nei giunti eseguiti con leghe del tipo soft (a base di Pb) e con quelle di tipo hard (a base di materiali che fondono a temperature più alte come rame, argento etc.) in ogni caso per ottenere giunzioni sicure si consiglia discutere l'argomento con il produttore di raccordi ed avere il suo parere sul tipo di lega da usare nei giunti.

In Germania per evitare questi problemi di corrosione, la DVGW (Deutscher Verein Des Gas Und Wasserfaches) specifica per gli impianti in acciaio inossidabile, l'uso di giunti a pressione.

## Resistenza alla corrosione

### Generale

I componenti corrosivi dei materiali nell'acqua, sono in genere riconosciuti nel contenuto di ossigeno, cloruri e pH, come viene influenzato dall'anidride carbonica sciolta, dai carbonati e bicarbonati. La velocità dell'acqua può essere un fattore critico. Nel campo delle acque potabili, paragonato ad altri materiali, l'acciaio inossidabile ha una bassissima velocità di corrosione generalizzata e un'eccellente resistenza agli alti flussi di portata e all'erosione.

### Corrosione localizzata

Dall'industria chimica sappiamo che gli acciai inossidabili del tipo 304/304L e 316/316L possono essere soggetti alla corrosione localizzata sotto forma di attacco per vaiolatura e crevice corrosion (corrosione interstiziale) in presenza di una sufficiente concentrazione di cloruri.

L'evidenza prodotta dall'industria per il trattamento delle acque, suggerisce che se si verifica la corrosione nei sistemi inossidabili, questa è di solito del tipo "crevice" pertanto gli impianti debbono essere realizzati e condotti in modo che ciò non avvenga.

L'esperienza globale nelle acque naturali ha dimostrato che un contenuto inferiore a 200mg/l di cloruri, raramente può dar luogo alla corrosione "crevice" dell'acciaio inossidabile tipo 304, e lo stesso tipo di corrosione è ugualmente rara nel tipo 316 se il contenuto dei cloruri è inferiore a 1000 mg/l. Purtuttavia la corrosione "crevice" si può occasionalmente verificare in acque con contenuto di cloruri più bassi, questo nel caso in cui vi sia nei tubi la presenza di sedimenti, altri depositi oppure interstizi risultanti dalla cattiva configurazione dell'impianto, vale a dire causati dall'uomo. Anche se la maggior parte dei depositi sono di natura benigna, essi possono costituire una fonte di accumulo per i cloruri.

Onde far fronte ai contenuti di cloruri citati dalle direttive dell'esistente "National and International Directives", le leghe del tipo 316 rappresentano la scelta più rassicurante.

L'acciaio inossidabile 1.4305, (corrispondente al tipo AISI 303) contiene un alto tenore di zolfo allo scopo di facilitare, nella sua struttura, la formazione di solfuri di manganese molto allungati. Questo tipo di materiale potrebbe in esercizio, essere soggetto ad una vaiolatura preferenziale e quindi non se ne consiglia l'uso negli impianti per acqua potabile.

### Flusso

L'acciaio inossidabile può resistere a velocità di flusso molto più alte rispetto ad altri metalli usati negli impianti. La Figura 1, mostra l'effetto della velocità dell'acqua di rubinetto sulla corrosione di vari materiali metallici usati negli impianti idrici e la capacità di comportamento degli acciai inossidabili a velocità di progetto molto più alte di 2,5 m/s (1). Poiché quest'ultimo può resistere a velocità fino a 30 m/s, ha inoltre la capacità di resistere alle turbolenze che si verificano a valle di orifici, pompe, valvole e gomiti.

L'acciaio inossidabile, dal punto di vista galvanico è più nobile dell'acciaio comune, dell'acciaio galvanizzato e della ghisa e per evitare la corrosione, deve quindi essere elettricamente isolato da questi materiali meno nobili, mediante guarnizioni isolanti.

Gli acciai inossidabili sono leggermente più nobili del rame ma ciò è stato dimostrato in pratica un fattore insignificante poiché raccordi a base di rame hanno dato buoni risultati negli impianti con tubi in acciaio inossidabile. Vasi di espansione in acciaio inossidabile o in rame possono essere usati negli impianti in acciaio inossidabile.

**Tensocorrosione (stress corrosion)**

Nell'industria chimica la tensocorrosione dovuta a cloruri, è associata alle leghe della serie 300 sotto tensione e a temperature superiori a 50°C e laddove si verificano concentrazioni di cloruri sulle superfici.

Questo tipo d'inconveniente è raro nei sistemi idrici per la produzione di acqua calda e l'esperienza suggerisce che è improbabile che il fenomeno si verifichi con livelli di cloruri inferiori a 250 mg/l (ppm) e alle temperature di esercizio degli impianti domestici.

Casi di tensocorrosione sono normalmente associati alla corrosione sulla superficie esterna del tubo causata dalla contaminazione e concentrazione di cloruri sulla superficie calda. Per evitare il verificarsi di questa situazione si richiedono coibentazioni che garantiscano un basso livello di penetrazione ai cloruri.

Se esternamente la coibentazione è esposta ad un atmosfera umida clorurata, come nel caso di zone costiere - marine, questa deve essere ricoperta o sigillata per evitare infiltrazioni di cloruri sulla superficie dei tubi.

Come ulteriore precauzione, si possono applicare sul tubo, prima della sua coibentazione, fogli di alluminio o pitture termo-resistenti.

**Disinfezione**

La clorinazione è importante per controllare batteri e limo ma, come negli altri impianti eseguiti con materiali diversi, va eseguita con cautela dal momento che il cloro è un forte agente ossidante e a livelli molto alti, può aumentare la tendenza alla vaiolatura e alla tensocorrosione.

I livelli di cloro normalmente presenti nelle acque potabili erogate agli edifici, non diminuiscono la resistenza alla corrosione degli acciai inossidabili.

Tuttavia, l'uso di acque tipiche per la sterilizzazione anche se contenenti 25-50 mg/l (ppm) di cloro libero, possono essere tollerate per brevi periodi se i sistemi sono debitamente ripuliti, dopo la sterilizzazione, per rimuovere eventuali tracce di cloro.

La Tavola 3 mostra i dati relativi a quattro tipi di acqua clorinata a diversi livelli di cloro residuo. I dati indicano che i tipi 304 e 316 resistono bene in acqua contenenti fino a 2mg/l (ppm) di cloro e meno bene per contenuti fino a 5mg/l (ppm). Per quest'ultimo caso il 316 è da preferire.

**Tavola 3**  
**Effetto del Cloro sull'Acciaio Inossidabile (2)**  
**(250+ giorni di esposizione)**

Cloro residuo	Massima Profondità di Attacco			
	Tipo 304		Tipo 316	
	Lamiera di base	Interstizio	Lamiera di base	Interstizio
mg/l	mm	mm	mm	mm
0	0	0	0	0
0,8-1,0	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3-5	0,3	0,1-0,4	0	0,03-0,1

E' necessario uno scrupoloso controllo dei livelli di cloro quando lo si aggiunge in un impianto per lunghi periodi.

Il rischio del danno dovuto alla corrosione molte volte deriva dalla mancata osservanza delle procedure operative sui livelli di dosaggio che possono essere eccessivi o incontrollati, accumoli localizzati lungo il circuito e lunghi periodi di esercizio incontrollati. Qualora l'esercizio di un impianto portasse a questi rischi, è bene esaminare l'uso alternativo di agenti sterilizzanti se trattasi di impianti in acciaio inossidabile. A questo proposito, il National Health Service in Scozia preferisce l'uso dell'acido peracetico per gli impianti idrici in acciaio inossidabile (3).

L'uso corretto dell'Ozono per la disinfezione degli acciai inossidabili è accettabile; infatti il tipo 316 è impiegato nella costruzione di generatori di ozono.

### **Pratiche di lavorazione, installazione e configurazione percorso tubi.**

Anche se duttile e di facile lavorazione, i tubi in acciaio inossidabile sono più resistenti di quelli in rame e richiedono per la lavorazione, un'attrezzatura più robusta.

I tubi in acciaio inossidabile possono essere facilmente tagliati con metodi diversi compreso l'uso di dischi abrasivi, taglia tubi manuali e seghe.

Gli acciai inossidabili sono facilmente saldabili. Si preferiscono i metodi TIG con l'uso di argon come gas protettivo.

E' importante che le saldature penetrino completamente senza dar luogo a protuberanze dovute a cordoni di saldatura nell'interno del tubo che deve essere liscio onde evitare potenziali siti per depositi dove si potrebbero accumulare cloruri, causa di corrosione.

Per quanto possibile ossidi e colorazioni dovuti al calore dovrebbero essere evitati oppure rimossi poiché costituiscono indesiderati interstizi i primi e aree depassivate i secondi.

La pulizia è sempre importante per ottenere le migliori proprietà dell'acciaio inossidabile.

Le regole d'oro sono:

- Assicurarsi che i tubi siano puliti ed esenti da danneggiamenti provocati nello stoccaggio.
- Controllare che le zone da saldare siano pulite prima della saldaura.
- Fissare delle procedure di saldatura.
- Assicurarsi della completa penetrazione delle saldature.
- Usare gas inerte di protezione per l'esterno e l'interno.
- Sottoporre, ove possibile, al decapaggio o alla pulitura meccanica le saldature finite.

Le pratiche di progettazione dovrebbero prevedere tubi inclinati, onde evitare zone di ristagno ed un drenaggio dell'impianto dopo le prove idrauliche. Un buon risciacquo e sfiato degli impianti, specialmente in zone dove si può accumulare un'atmosfera umida e clorinata, possono migliorare il comportamento dell'inossidabile.

### **Esperienza scozzese e studi sul cedimento (Leaching)**

Nelle grandi costruzioni, la vaiolatura dei tubi in rame installati nelle zone con acqua dolce della Scozia, è stata particolarmente problematica. La corrosione assume la forma di corrosione localizzata ed appare con vaioli singoli o raggruppati costituendo fonti di serie perdite. In altre nazioni, particolarmente in Germania, hanno avuto problemi simili.

Per evitare la vaiolatura, il management esecutivo della National Health Service in Scozia, ha studiato materiali alternativi con il risultato che l'acciaio inossidabile austenitico e le plastiche poliviniliche sono i materiali migliori (3). Nel corso delle loro valutazioni hanno rinnovato l'impianto idrico di un'ala del laboratorio di una delle loro costruzioni, usando tubi in acciaio inossidabile tipo 304 e 316. In metà dell'ala, per l'impianto idrico dell'acqua fredda è

stato usato il tipo 304 e per l'altra metà il tipo 316. L'impianto per l'acqua calda è stato realizzato invece, mescolando i due tipi.

Per i collegamenti, in questo caso sono stati usati raccordi del tipo a compressione fabbricati con ottone anti-dezincoficazione e bronzi contenenti piombo (gun metal).

Parte dello studio era l'esame del cedimento del nichel e del cromo dalle tubazioni all'acqua calda e fredda e il controllo per verificarne la conformità con le direttive CEE.

La direttiva 80/778/EC per l'acqua potabile specifica, per il nichel e cromo, un livello massimo di 50 g/l.

Era quindi necessario, che il cromo e il nichel ceduto dalla corrosione generica, corrosione localizzata e per il livello di cedimento degli impianti in acciaio inossidabile, che il valore totale fosse stato sufficientemente basso per mantenersi al disotto di questi livelli.

Molto pochi sono stati gli studi che hanno esaminato il livello di nichel nell'acqua e l'industria dell'acqua è ancora nella fase di capire quale sia il livello realistico e accettabile.

Due studi che sono in gran parte basati su dati di laboratorio, sono descritti nei riferimenti 4 e 5. Lo studio scozzese è importante poichè è il primo che in modo esauriente riporta l'esperienza di esercizio.

L'acqua nella zona dove è stato effettuato lo studio, aveva un pH di circa 8 ed un livello di cloruri di circa 20 mg/l (ppm).

L'acqua calda era el campo di temperatura compresa tra 55-65°C.

La campionatura dell'acqua è stata presa dai rubinetti all'interno dell'ala del laboratorio in diversi intervalli di tempo nell'arco di oltre 1250 giorni, e i risultati sono riportati nella Tavola 5

**Tavola 5**  
**Cedimento metallico negli impianti idrici (6,7,8)**

Giorno	µg/l (ppb) (Livello max alla campionatura)								
	Acqua fredda					Acqua calda			
	304		316			Mescolati 304 e 316			
	Ni	Cr	Ni	Cr	Mo	Ni	Cr	Mo	
0	1,7	0,2	0,6	<0,1	<2	3,8	0,2	<2	
1	1,1	0,2	1,9	0,4	<2	4,5	<0,1	<2	
2	1,3	0,2	1,9	<0,1	<2	4,3	0,3	<2	
3	1,4	<0,1	1,3	<0,1	<2	5,5	0,4	<2	
4	1,7	0,3	1,6	0,4	<2	5,7	0,9	<2	
11	1,5	<0,1	6,1	0,2	<2	9,3	0,9	<2	
18	<0,5	<0,1	1,1	0,5	<2	11,1	0,3	<2	
25	1,0	0,3	0,7	<0,1	<2	15,4	<0,1	<2	
32	1,1	<0,1	2,1	<0,1	<2	14,0	<0,1	<2	
180	1,0	<2,0	<0,5	<2,0	<2	2,8	<2	<2	
1250	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	<2	1,2	<0,5	<2	

Gli impianti evidenziano i valori minimi di cedimento su quasi 3,5 anni di servizio.

Per l'acqua calda si è avuto un po' di cedimento di nichel per le prime settimane, raggiungendo un picco di 15,4 g/l dopo 25 giorni.

Questo valore è molto inferiore al livello di 50 g/l (ppb) max stabilito per il nichel. I livelli di cromo o molibdeno sono rimasti bassi suggerendo che il livello del nichel non è attribuibile alla corrosione ma potrebbe essere stato il risultato di un cedimento iniziale proveniente dal film di ossido sulla superficie prima di stabilizzarsi a basso livello.

Potrebbe inoltre esserci stata un'influenza dai raccordi a base di rame se il nichel era presente in essi come elemento in lega.

I risultati di questo studio e il comportamento generale dell'impianto in acciaio inossidabile ha fatto sì che questo materiale sia stato incluso nella Scottish Hospital Technical Note 2 (3) che rappresenta la guida tecnica per la selezione dei materiali e la scelta delle procedure di installazione. Il tipo 316 è stato il tipo consigliato per tubi, poichè era la scelta più cautelativa per il campo nelle diverse condizioni che potrebbero verificarsi.

Per le giunzioni dei tubi i raccordi permessi sono del tipo 316L, per raccordi del tipo a compressione si usano materiali legati a base di rame. Raccordi a pressione (crimped) sono del tipo 316L.

A parte l'installazione originale nell'ala del laboratorio, tutte le installazioni successive in acciaio inossidabile nelle costruzioni scozzesi del National Health Service, sono state realizzate tendenzialmente con giunti a pressione. La messa in opera e la performance sono state eccellenti.

Altre costruzioni istituzionali in Scozia dove l'acciaio inossidabile è stato usato in vari tipi di impianti idrici sono le prigioni (poichè l'inossidabile è più difficile danneggiarlo che non la plastica o il rame) e la biblioteca di Edimburgo.

#### Studio del caso Giapponese (9)

Recentemente è stato completato uno studio in Giappone durato 10 anni, relativo a prove su tubi idraulici effettuate in grandi costruzioni a Tokyo. Quattro palazzi, un albergo, un supermercato e due palazzi per uffici, sono stati scelti per le prove eseguite per conto della Japanese Stainless Steel Association.

Lo studio ha esaminato lunghezze di tubo in 304 impiegati in acque il cui cloro era di 20mg/l (ppm) il pH variava da pH 7,1 - 8,8, livello di cloro residuo 0,1-0,9ppm, e temperature da 28-50°C.

Vari tipi di giunti sono stati inoltre esaminati; saldature, raccordi per collegamenti a base di leghe di stagno, raccordi a pressione in acciaio inossidabile, raccordi a compressione in bronzo (gun metal) e giunti flangiati.

Per una valutazione, gli spezzoni o le lunghezze di tubo, sono stati rimossi dopo 1,3,5,8 e 10 anni. I raccordi sono rimasti in esercizio per 1,3 e 5 anni. Sia i tubi che i raccordi sono stati sezionati per uno scrupoloso esame delle superfici interne prima e dopo pulitura.

Non è stato rilevato alcun attacco corrosivo nell'interno dei tubi nemmeno nelle zone sottostanti le sedimentazioni. Nessuna traccia di corrosione è stata trovata sulle saldature o intorno ad esse nemmeno in corrispondenza delle zone bluastre risultanti dal calore delle saldature. Per quanto non siano più usati in Giappone giunti stagnati per il timore della corrosione interfacciale tra la stagnatura e l'acciaio inossidabile, non si sono trovati casi di corrosione tra tubi o raccordi stagnati o sulle stesse stagnature.

I raccordi a pressione hanno confermato ancora una volta il modo molto soddisfacente di giunzione e non hanno evidenziato segni di corrosione interstiziale. Una certa corrosione

generale si è verificata con i raccordi fusi in bronzo ma questo risultato non è stato considerato significativo.

La corrosione osservata era del tipo interstiziale e si è verificata sulle interfacce dei giunti flangiati. In questi casi si preferisce l'impiego di materiali a basso contenuto di cloruri non assorbenti e il problema è generalmente risolto mediante l'impiego di guarnizioni polimeriche.

L'uso di acciaio inossidabile contenente molibdeno offrirebbe una maggiore resistenza alla corrosione intersiziale.

Tutto sommato, questo lavoro ha confermato il grado di affidabilità nell'impiego a lungo termine dell'acciaio inossidabile negli impianti idrici.

## Conclusioni

Gli acciai inossidabili hanno da offrire molti vantaggi quando sono impiegati in impianti per acqua potabile.

Non sono sensibili alla composizione chimica dell'acqua come invece lo sono altri metalli e possono resistere nei campi di composizioni chimiche previste dalla direttiva europea (European Directive, Quality of Water for Human Consumption).

Poichè sono resistenti, i tubi inox meglio sopportano danneggiamenti rispetto ad altri materiali usati in questo settore. Sono inoltre duttili e possono essere usate le consuete procedure di fabbricazione.

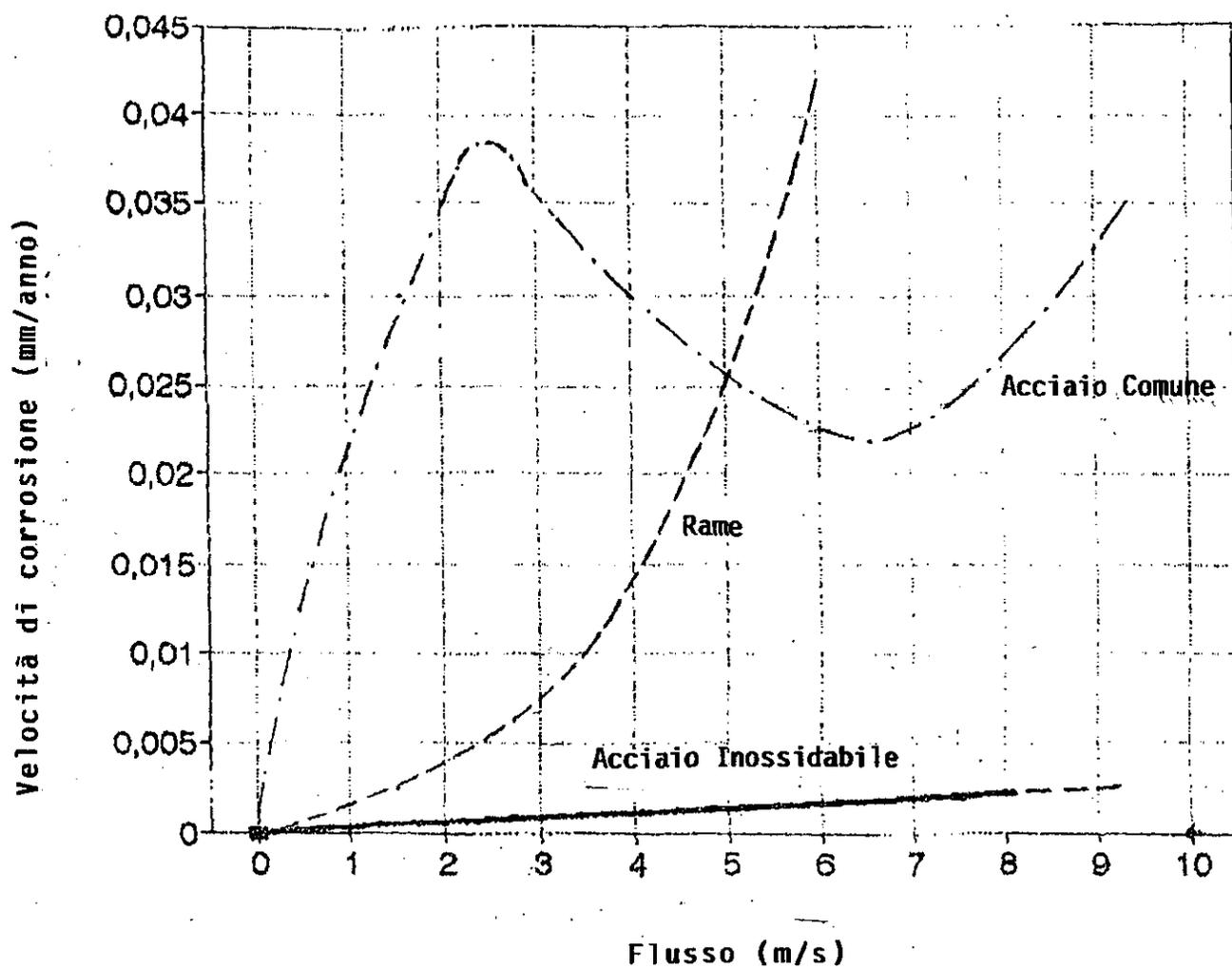
L'acciaio inossidabile si può unire con successo usando una varietà di raccordi in acciaio inossidabile o per saldatura. I tubi inossidabili sono galvanicamente compatibili con raccordi il cui materiale è a base di rame.

La durata de tubi inox in base all'esperienza tedesca e giapponese nell'arco degli ultimi 10 anni, è eccellente.

L'acciaio inossidabile dimostra di essere la soluzione al problematico tipo di vaiolatura che si verifica sui tubi di rame nelle zone scozzesi con acqua dolce.

**Bibliografia**

1. Stainless steel piping as a suitable material for handling cooling waters in buildings and other commercial facilities. S.Lamb, A.Tuthill and K.Selby Paper no 600 Corrosion 95.
2. Stainless Steel Piping. A.Tuthill. Journal AWWA July 1994. USA
3. Domestic Hot and Cold Water Systems for Scottish health Care Premises. The Scottish Office. National Health Service in Scotland - Management Executive. Scottish Hospital note 2. 1994. HMSO Publications UK.
4. Nickel Migration from Cr-Ni Stainless Steel Exposed to Potable Water. W.Schwenk. British Corrosion Journal 1991 Vol.26 N° 4 Pg 254-259.
5. A Study of the Potential for the Migration of Metals from Stainless Steel Systems into Chloride and Hypochlorite bearing Waters. M.Lewus, D.Dulieu, K. Tupholme and S.Hobson. Stainless Steel 1996. VDEh Dusseldorf, p.236-243.
6. WRC report CO 3328 Monitoring of leaching from stainless steel pipes and plumbing Feb 1993. Unpublished. Courtesy of NHS in Scotland.
7. WRC Test report N 10323 1995. Unpublished.
8. Stainless Steel for Potable Water Service. C.Powell and W.Strassburg. Stainless Steel 1996. VDEh Dusseldorf, p.397-398.
9. A Report on the Field Corrosion Tests on Stainless Steel Piping for Building Service. S.Lamb NiDI 1995. Unpublished.



**Figura 1** - Effetto della velocità dell'acqua sulla corrosione dell'acciaio inossidabile, rame e acciaio comune.



**NiDI**  
Nickel  
Development  
Institute

\*\*\*\*\*

**Prof. Francesco Mazza**  
Ordinario di corrosione e protezione  
dei materiali metallici  
Università degli Studi di Milano

## **I FENOMENI CORROSIVI SUGLI ACCIAI INOSSIDABILI**

Relazione presentata al convegno:  
"Gli acciai inossidabili e l'acqua potabile"  
Aspetti sanitari, tecnici e normativi degli impianti

*Organizzato dal Centro Inox e dal NiDI*

*Milano, 10 aprile 1997*

FRANCESCO MAZZA

CARATTERIZZAZIONE DELLA CORROSIONE DEI METALLI

---

DIPARTIMENTO DI CHIMICA FISICA ED ELETTROCHIMICA  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
VIA CAMILLO GOLGI 19 - 20133 MILANO

# CARATTERIZZAZIONE DELLE CONDIZIONI DI CORROSIONE

F. Mazza (^^)

## Sommario

I materiali metallici possono interagire con l'ambiente che li circonda, subendo il decadimento di alcune loro particolari caratteristiche tecnologiche o, al limite, la loro completa dissoluzione (corrosione).

I processi di corrosione sono governati da leggi termodinamiche e cinetiche ben precise che determinano la velocità e la morfologia di attacco, in funzione della molteplicità e della natura dei fattori influenzanti che possono essere chimici, fisici, metallurgici, meccanici, biologici, geometrici, ecc..

In natura, l'atmosfera, le acque naturali dolci o salate ed i terreni costituiscono gli ambienti corrosivi più caratteristici che possono, però, venire notevolmente influenzati dalla presenza di sostanze inquinanti.

La lotta contro la corrosione comporta:

- 1) Attenta analisi in fase progettuale
- 2) Uso di materiali passivabili od immuni
- 3) Separazione del metallo dall'ambiente corrosivo tramite pitture o film metallici, organici, inorganici
- 4) Uso di sostanze inibitrici o modificanti l'ambiente corrosivo
- 5) Applicazione di tecnologie elettrochimiche (protezione catodica, protezione anodica)

## Indice

- 1 - Aspetti generali ed economici
  - 2 - Natura dei processi di corrosione
  - 3 - Meccanismo dei processi di corrosione
  - 4 - La corrosione galvanica
  - 5 - La corrosione per correnti disperse
  - 6 - La corrosione atmosferica
  - 7 - La corrosione delle armature dei calcestruzzi
  - 8 - La corrosione in altri ambienti
- 
- 9 - Conclusioni

(^^) Francesco Mazza, professore ordinario di Corrosione e Protezione dei Metalli presso l'università di Milano  
Dipartimento di Chimica Fisica ed Elettrochimica  
Via Camillo Golgi 19 - 20133 Milano - Tel. 2666863.

## 1) Aspetti generali ed economici

Di corrosione si sente parlare spesso e ciò è naturale, viste le implicazioni economiche e di sicurezza che il problema può assumere nella progettazione e gestione di macchine ed impianti. Si tratta, è ovvio, di un problema grosso, il più delle volte completamente, o quasi, sconosciuto agli utenti, e a volte, solo parzialmente od insufficientemente conosciuto anche da progettisti o costruttori. Non è questa una convinzione preconcepita, ma ispirata dall'osservazione di casi di corrosione causati da scelte ed applicazioni veramente sconcertanti.

Il fenomeno corrosivo, in effetti, è di vastità e portata tali da richiedere una precisa conoscenza almeno delle sue caratteristiche fondamentali in modo da minimizzare le conseguenze che talvolta possono risultare assai gravose. Nel campo della corrosione, infatti, basterebbe solo evitare di fare grossolani errori per conseguire notevoli risparmi di ricchezze e di energie e per aumentare notevolmente il grado di affidabilità di attrezzature, apparecchiature e strutture.

Purtroppo, però, la conoscenza precisa della natura dei processi di corrosione presuppone, a monte, certe conoscenze di Elettrochimica e di Metallurgia senza le quali il discorso può risultare difficile e deformato. Il sogno di interpretare ed affrontare i problemi di corrosione senza ricorrere troppo ai concetti di base di elettrochimica, però, non è solo di chi questi concetti li deve acquisire, ma anche di chi, questi concetti li vuole descrivere o divulgare tra le persone logicamente non preparate. Ed è questo, quindi, lo spirito di queste note che vogliono essere di iniziazione e di inquadramento sui vari aspetti della corrosione e della protezione dei metalli; una precisazione, questa, dove rosa, visto il rischio evidente di, inseguendo il semplice, cascare nel semplicistico.

Come si usa di solito, incominciamo con una definizione: "Si intende per "corrosione" il complesso di reazioni spontanee tra un materiale e l'ambiente, tale da provocare il graduale decadimento tecnologico del materiale". I concetti più significativi che traspaiono da questa definizione sono quelli della "spontaneità", della "gradualità" del processo, e del "decadimento tecnologico" del materiale corrosivo. E' ovvio che tale materiale potrà essere metallico, ceramico, plastico ecc., però in questa sede ci limiteremo ai materiali

metallici che, a differenza degli altri, sono ottimi conduttori di elettricità.

Spontaneità - Il concetto implica che il complesso di reazioni che avvengono tra il materiale e l'ambiente, si verifica senza l'intervento di forme di energia esterna al sistema (ossia al metallo più l'ambiente); in parole povere, mentre una cella elettrolitica che produce un qualsiasi prodotto commerciale, per poter funzionare, ha bisogno di energia elettrica fornita dall'esterno, un processo di corrosione, no; esso trova in sé l'energia per la propria realizzazione. Unica eccezione, la corrosione per correnti disperse per la quale il discorso da fare è del tutto particolare.

Gradualità - Il concetto della gradualità classifica i processi di corrosione tra i processi lenti distinguendoli, sostanzialmente, dai processi di rottura meccanica che possono realizzarsi all'istante. Naturalmente anche il concetto di "lentezza" risulta abbastanza lato potendosi verificare danneggiamento per corrosione di consistenza significativa sia dopo poche ore che dopo anni di esposizione all'ambiente corrosivo.

Decadimento tecnologico - E' l'effetto finale di danno provocato dal processo di corrosione. Di solito si è portati ad identificare il concetto della corrosione con quello della comparsa di "ruggine"; In effetti ciò corrisponde solo parzialmente alla realtà. Infatti danno per corrosione, oltre ad essere quello provocato su una lamiera non protetta che arrugginisce vistosamente, può anche essere quello del blocco di un ruotismo per intervento di prodotti di corrosione di parti limitrofe. oppure quello della rottura di un cavo metallico in corrispondenza di un ristagno di acqua, o la perforazione di un tubo del circuito di raffreddamento del motore, o la cricatura di bulloneria, o la messa fuori uso dei contatti di un apparecchio elettronico o l'offuscamento della parabola riflettente di un proiettore, ecc. ecc.... In tutti questi casi, il decadimento tecnologico è determinato dalla ridotta o impedita funzionalità dell'apparecchio o della struttura corrosi, nonché dal suo deprezzamento commerciale. E' chiaro, quindi, che molte volte il fenomeno più appariscente non è il più grave: uno scafo in ferro, tutto arrugginito, è un gran brutto vedere, però, tutto sommato, galleggia e può navigare; viceversa uno strumento elettronico con i contatti ossidati può risultare del tutto fuori uso anche se apparentemente risulta efficiente; un manicotto stringi-tubo corrosivo e rotto è un fatto assai poco appariscente ma può provocare il disinnesto di un manicotto del circuito di raffreddamento del motore

e provocarne il grippaggio.

E' per questo che tutte queste considerazioni vanno fatte collegandole con il concetto di danno, di affidabilità e di sicurezza, per cui, oltre ai danni diretti, che sono quelli dovuti alla sostituzione o riparazione del pezzo corrosivo (e che possono essere modesti) bisogna considerare quelli indiretti che il più delle volte risultano assai più gravi di quelli diretti. Danni indiretti sono quelli che colpiscono l'economia produttiva aziendale o il mondo degli utilizzatori: la rottura per corrosione di un cavo di funivia (danno primario) risulta di entità sicuramente irrilevante rispetto agli effetti che la rottura può provocare sugli utenti (danno secondario); il danno per la perforazione di un tubo di scambiatore di calore è sicuramente minore di ciò che l'avaria può creare nel funzionamento di un impianto chimico, come l'inquinamento dei prodotti o come il danneggiamento di altre apparecchiature a valle; la rottura per corrosione di una fascetta stringitubo (costo mille lire) del circuito di raffreddamento di un motore può determinare la "fusione" del motore (costo milioni) e l'inattività produttiva dell'automezzo (altri milioni). Molte volte, poi, tra i "danni" provocati dalla corrosione si possono includere anche quelli dovuti alla sovravalutazione del problema, che porta alla scelta di misure preventive e di materiali di maggior costo rispetto a quello strettamente necessario, e ciò, naturalmente, a causa della non conoscenza della reale natura del "sistema" di corrosione. Esempio: una barca che naviga sistematicamente sul lago avrà certamente esigenze anticorrosive assai minori di una che navighi nel mare; nonostante ciò la barca lacustre sarà imbottita di acciaio inossidabile o di leghe di rame pregiate, al pari di quella marina. Il timore di insorgenza di corrosione sotto sforzo, che implica la necessità di accurati processi di ricottura o di distensione per alcune leghe di rame (es. gli ottoni all'alluminio) non deve far pensare che tutte le leghe di rame (es. i Cupronickel), o peggio ancora, i normali acciai al carbonio debbano necessariamente subire trattamenti simili, in quanto tali materiali risultano assai meno suscettibili a tali tipi di corrosione in ambiente marino, alle temperature normali.

In effetti, uno dei maggiori problemi della corrosione (nella quasi totalità dei suoi campi) sta non tanto nella necessità di trovare qualcosa di nuovo e di miracolistico, ma nell'applicare le cognizioni già acquisite, ossia quelle già scritte su libri e riviste. Il vero problema della corrosione è quindi assai spesso un problema di divulgazione delle conoscenze acquisite di presa di coscienza da parte di chi ha a che fare con i problemi di corrosione.

Per "conoscenza" comunque, si può intendere sia ciò che si deve apprendere prima di dare il via ad un progetto, sia ciò che si può imparare dall'esame critico di un'avaria per evitare di incorrere nuovamente in errori simili.

Infatti, talvolta, si verificano casi "misteriosi", ai quali molti non sembrano essere un granchè sensibili; ci si chiede assai poco dei perchè, limitandosi a sostituire il pezzo, e basta. Il più delle volte ci si trincerava dietro il concetto delle "correnti galvaniche", termine assai sfruttato ed abusato, che può dire tutto o non dire nulla, se non si va alla radice del problema.

Comunque, un caso di corrosione deve soprattutto essere studiato per capirne le cause, prima di provvedere a sostituzioni.

Sicuramente uno dei più ragionevoli motivi di tutto ciò sta nel fatto che in molti settori mancano produzioni di grande serie, con un gran frazionamento delle case costruttrici, con una continua evoluzione di modelli per strutture ed accessori per cui può risultare assai difficile affrontare i problemi in maniera organica.

## 2) Natura dei processi di corrosione

La corrodibilità dei metalli non è una caratteristica intrinseca di ogni metallo, ma è una caratteristica che è funzione principalmente dell'ambiente corrosivo, che può dipendere anche da altri fattori, quali quelli meccanici, fisici, biologici, geometrici, ecc. da cui ne deriva che la resistenza alla corrosione di un metallo non può essere espressa in termini numerici come si fa con le caratteristiche meccaniche.

Essenzialmente, però, il termine di paragone risulta sempre l'ambiente corrosivo e per le strutture esposte ad ambienti naturali, l'ambiente corrosivo tipico è costituito dall'acqua e dall'ossigeno (aria) a cui si aggiungono come elementi secondari (oltre la  $CO_2$ , naturalmente), gas, sali e particelle solide inquinanti ( $SO_2$ , NaCl ecc.).

Acqua con disciolti sali ed ossigeno costituisce, quindi, il nostro ambiente corrosivo che potrà agire sia sulle parti immerse (es. lo scafo di una nave), sia sulle parti non immerse (es. un palo per illuminazione) comunque sottoposte a continua opera di bagnamento per grosse condense, ecc.

Diciamo ora che tra tutti i metalli tecnologicamente utilizzabili, ve ne sono di quelli (i più) che reagiscono con l'ambiente esterno, mentre altri non reagiscono (per questioni termodinamiche) e che chiameremo metalli "immuni". L'oro e pochi altri metalli nobili sono immuni; tutti gli altri, invece, reagiscono chimicamente con l'ambiente esterno. La reazione metallo-ambiente porta alla formazione, sulla superficie di contatto, di composti chimici, i prodotti di corrosione (es. la "ruggine"). Per taluni metalli (o leghe, s'intende) i prodotti di corrosione sono voluminosi ed incoerenti (es. la ruggine), per altri, invece, i prodotti di corrosione risultano compatti ed aderenti al metallo sottostante, per cui si limitano ad essere costituiti da film sottilissimi, il più delle volte invisibili ad occhio, ma di struttura e compattezza tali da esercitare una notevole azione protettiva sul metallo sottostante. Tali films si dicono film di passività, sono generalmente costituiti da ossidi del metallo, ed in certi casi, forniscono una protezione totale del materiale metallico nell'ambiente considerato (nel caso dell'ambiente naturale, alcune leghe di rame e di alluminio, gli acciai inossidabili, ecc.).

In conclusione, quindi, l'ossigeno, in presenza di acqua, forma con i metalli, ossidi, di cui alcuni risultano non protettivi, (il ferro che forma la ruggine)

mentre altri risultano protettivi (i film dei metalli passivabili, ossia acciai inossidabili, leghe di rame, ecc.).

L'intensità del procedere della corrosione dipende dalla quantità di ossigeno che raggiunge la superficie metallica per cui, se su una superficie di ferro arriva molto ossigeno (es. per grande turbolenza dell'acqua), il ferro si corroderà molto; per i metalli passivabili, invece, maggiore è la quantità di ossigeno che giunge in superficie e più stabile e resistente risulterà il film di passività.

Da queste considerazioni, ne deriva che la resistenza dei materiali metallici alla corrosione dipende, in ultima analisi, prevalentemente dalla stabilità e compattezza dei film di passività che si formano nel mezzo corrosivo stesso.

Talvolta, il film di passività, si "rompe" in punti localizzati ed allora la corrosione può penetrare, attraverso questi punti di rottura, nell'interno del metallo. In questi casi la corrosione può procedere in corrispondenza di zone localizzate ma con grande velocità di penetrazione, provocando gravi inconvenienti.

Le cause del cedimento del film di passività possono essere di natura assai diversa: inclusioni non metalliche affioranti sulla superficie metallica, precipitazione di fasi eterogenee nella struttura del metallo per errato trattamento termico (es. saldatura), deformazioni meccaniche a freddo (incrudimento), presenza in superficie di ossidi formati ad alta temperatura (saldatura), tensioni meccaniche applicate, presenza di interstizi. Questi ultimi risultano punti di innesco di corrosione, assai attivi specie con gli acciai inossidabili, in quanto in essi si accumulano sali in grande quantità, mentre allo stesso tempo il libero accesso dell'ossigeno ne è impedito. Ciò ha come risultato l'indebolimento e la rottura del film di passività con conseguente innesco di corrosione localizzata.

Esempio tipico di ciò che si verifica all'interno di un interstizio, è ciò che succede sotto le nastature che assai spesso si vedono fatte su parti in acciaio inossidabile (es. arridatoi, cavi, ecc.); il nastro adesivo, oltre ad impedire il libero accesso dell'ossigeno alla superficie metallica, trattiene i sali presenti e produce, sulla superficie di contatto metallo-nastro, ambienti particolarmente aggressivi, difficilmente dilavabili, tra i quali, i prodotti di decomposizione dello adesivo, quando si toglie il nastro, si ritrova inamovibilmente l'acciaio arrugginito.

In generale, ciò si verifica per i cavi di acciaio inossidabile ricoperti di materiale plastico ed esposti ad ambienti particolarmente aggressivi quali quello marino, per il suo alto contenuto in cloruro sodico e cloruro di magnesio; se andate a vedere, dopo un po' di tempo, sotto la plastica, ritroverete il cavo di acciaio inossidabile, arrugginito. Un cavo del genere si spezzerà

sicuramente prima di un cavo non "protetto" da materiale plastico.

Questo particolare aspetto della corrosione, che coinvolge in maniera particolare gli acciai inossidabili in ambienti clorurati prende il nome di "corrosione interstiziale".

Interstizi possono essere formati da giunzioni di metalli, come ad esempio tra dado e bullone, oppure tra metallo e vetroresina, come ad esempio, una vite di acciaio inossidabile in vetroresina, che tende sempre a corrodersi di più sia in corrispondenza della parte che lavora nella plastica, che in corrispondenza della testa esposta ad aria ed acqua.

La corrosione interstiziale è assai pericolosa per molti degli acciai inossidabili e per le leghe di alluminio; molto meglio si comportano le leghe di rame (es. gli ottoni all'alluminio, i Cupronickels ecc.).

La rottura del film di passività costituisce, quindi, per tutti questi casi, il processo di "innesco" di un processo di corrosione localizzata, a cui fa seguito un processo di sviluppo nell'interno della cavità con carattere notevolmente autostimolante.

La rottura del film di passività, causa prima del processo di innesco, deve quindi essere evitata o con la scelta di materiali adatti all'ambiente o rafforzando e proteggendo il film di passività con trattamenti adeguati quali l'anodizzazione o la pitturazione. L'anodizzazione è un procedimento elettrochimico che produce sulla superficie metallica, la formazione di un film di ossido di spessore e compattezza tali da offrire al metallo sottostante un grado assai maggiore di protezione di quello ottenibile con il film naturale di passività; è un trattamento tipico per le strutture non immerse ed offre un buon grado di protezione purchè il film non venga asportato; l'effetto abrasivo prodotto da altri materiali duri (es. sabbia) sono un tipico esempio di causa di danneggiamento del film di anodizzazione.

La pitturazione dei materiali passivabili ha come esempio più significativo quello delle leghe di alluminio ~~(acciai, ottone, nichel, titanio, zirconio, niobio, tantalio, niobio, tantalio)~~ per le quali è necessario utilizzare cicli particolari di pitturazione che prevedono l'uso di una mano di fondo (primer) con caratteristiche ossidanti tali da stabilizzare il più possibile il film naturale di passività (es. cromo) evitando, per gli strati successivi, l'uso di pitture contenenti sali od ossidi di rame, piombo o mercurio. Ai fini anticorrosionistici è inutile (o anche azzardato) utilizzare pitture sugli acciai inossidabili, per i quali sono tuttavia previsti cicli speciali qualora si vogliano raggiungere particolari finalità estetiche.

In altri casi (es. acciai non inossidabili e quindi non passivabili) l'interstizio può prevalentemente funzionare da punto di ristagno di soluzione corrosiva (es. da condensa o da precipitazione atmosferica) con effetti ugualmente deleteri. Tipico il caso della struttura di un cavo metallico il cui insieme di trefoli costituisce un efficace esempio di geometria di ritenzione.

Da quanto detto, quindi, appare che nel campo della corrosione, si possono realizzare due tipi fondamentali di morfologia, ossia "la corrosione generalizzata" e la "corrosione localizzata".

La corrosione generalizzata è quella che si verifica su superfici non passivabili (es. una lamiera di ferro), mentre quella localizzata si verifica, normalmente, sui materiali passivabili, innescando e sviluppandosi là dove il film di passività viene meno per un motivo qualsiasi.

Mentre la corrosione generalizzata è normalmente lenta e progredisce diffusa uniformemente su tutta la superficie del metallo e come tale è controllabile in ogni suo aspetto, la corrosione localizzata è di tipo penetrante, poco appariscente ed a carattere autostimolante, e può portare alla perforazione o rottura di parti di spessore anche notevole, nel giro di pochissimo tempo; la sua insidiosità può, quindi, risultare notevole.

Anche la corrosione localizzata, a sua volta, si può realizzare con forme morfologiche assai caratteristiche per la cui determinazione concorrono, oltre al fattore ambientale, fattori meccanici, fisici, metallurgici, biologici, ecc.

Tra le più caratteristiche si possono ricordare, in questa sede: la corrosione per "pitting" (che porta alla formazione di piccole ma profonde cavità); la corrosione "sotto sforzo" e la corrosione per fatica (che portano alla cricatura del metallo); la corrosione interstiziale (di cui si è già parlato); la corrosione selettiva, o "dealloying" (che porta alla dissoluzione preferenziale di uno o più componenti di una lega ;

tipico esempio quello degli ottoni, leghe rame-zinco, che tendono a rilasciare lo zinco con residuo di rame poroso ed incoerente); la corrosione "intergranulare" (che si sviluppa in corrispondenza dei bordi dei grani del metallo); la corrosione per "cavitazione" o per "impingement" (che includono in maniera più o meno

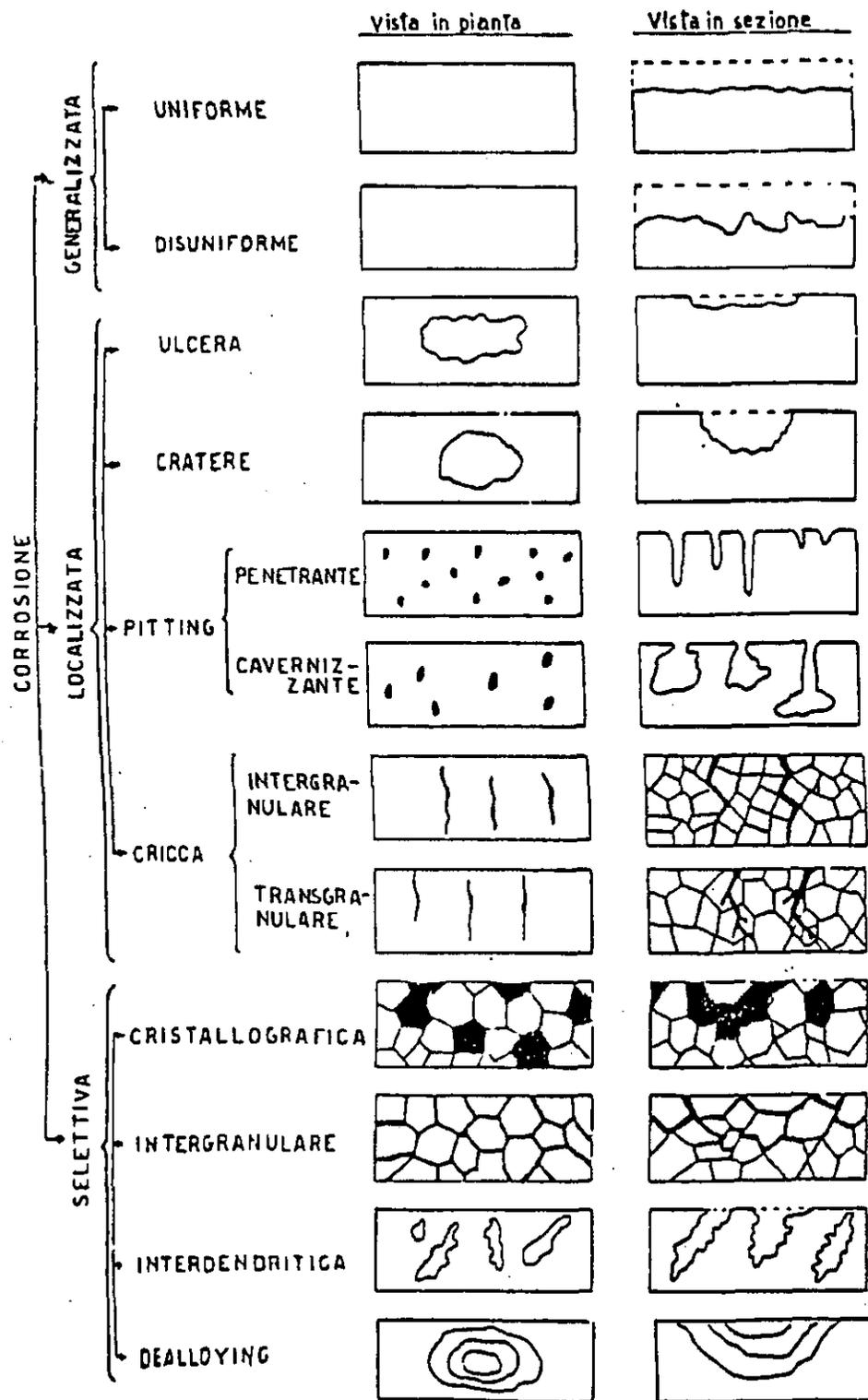


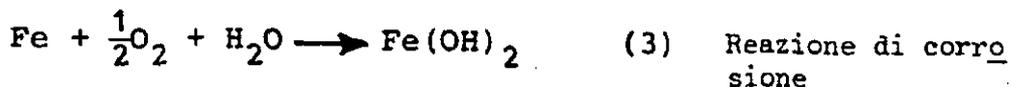
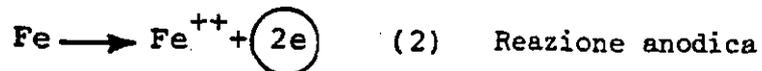
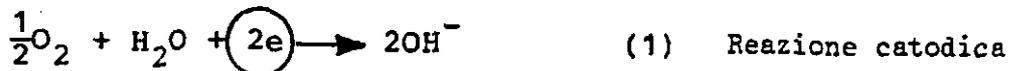
Fig. 1 - Classificazione e schematizzazione dei processi di corrosione (da: G. Bianchi, F. Mazza, Corrosione e protezione dei metalli; ed. Masson Italia).

preponderante il contributo erosivo della turbolenza dell'acqua); la corrosione per "contatto" o corrosione galvanica" (che porta alla corrosione preferenziale di un metallo in contatto elettrico con un altro metallo). Una classificazione e schematizzazione delle morfologie di corrosione è riportata in fig.1:

### 3) Meccanismo dei processi di corrosione

Indipendentemente dal tipo di morfologia con cui si sviluppano, i processi di corrosione si realizzano sempre con un meccanismo di tipo elettrochimico. Infatti, l'ossigeno disciolto nell'acqua per reagire con la superficie del metallo, ha bisogno di cariche elettriche negative (elettroni) che gli vengono fornite dal metallo. Gli elettroni (che fanno parte della struttura atomica) giocano un ruolo fondamentale nella realizzazione del legame metallico, ossia di un qualcosa che serve a tenere "assieme" la struttura metallica (una specie di "colla" che tiene assieme i vari atomi del metallo); la sottrazione di un certo numero di questi elettroni al metallo, da parte dell'ossigeno, produce il passaggio del metallo dalla forma metallica vera e propria alla forma ionizzata, cioè, ossidata, perdendo, così, le caratteristiche chimiche e meccaniche del metallo originale; il metallo, quindi, si trasforma in "prodotto di corrosione" che può essere un ossido, un cloruro, un solfato, ecc. a seconda della natura del metallo e dell'ambiente corrosivo.

Questi concetti, tradotti in termini chimici possono essere scritti con la reazione (1) che indica la reazione di riduzione catodica dell'ossigeno e con la reazione (2) che riporta quella di ossidazione del ferro:



Si vede che la reazione catodica (1) consuma elettroni e che la reazione anodica (2) produce gli elettroni utilizzati dalla reazione (1). La reazione (3) è la somma delle reazioni (1) + (2) e non è altro che la reazione di corrosione. Si vede che, il legame tra reazione cato-

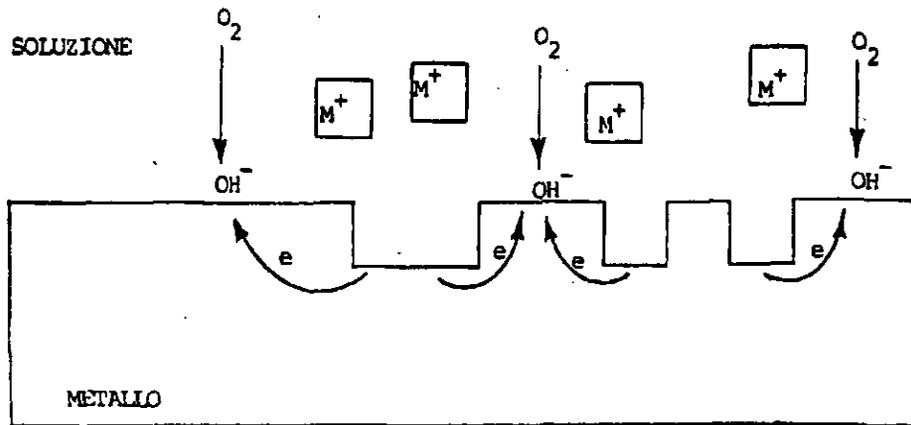


Fig. 2 - Schema di meccanismo elettrochimico di corrosione generalizzata; processo catodico ed anodico si sviluppano sulla medesima area.

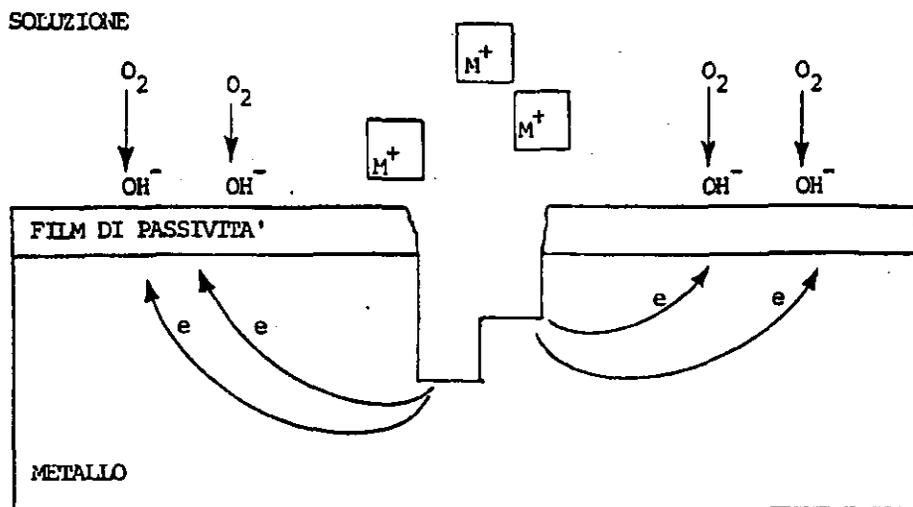


Fig. 3 - Schema di meccanismo elettrochimico di corrosione localizzata; processo catodico ed anodico si sviluppano su aree differenti.

dica e anodica è assoluto: il procedere dell'una è condizionato dal procedere dell'altra. La figura 2 schematizza questi concetti nel caso della corrosione generalizzata in cui lo scambio di elettroni tra ossigeno e metallo avviene con distribuzione pressochè uniforme su tutta la superficie metallica.

In presenza di film di passività ed in dipendenza della realizzazione di determinate condizioni metallurgiche, geometriche, meccaniche ecc. la reazione anodica del metallo può localizzarsi in punti di superficie limitata per cui si individua una netta separazione tra l'area sulla quale si sviluppa la reazione di riduzione dell'ossigeno (area catodica) e l'area in corrispondenza della quale avviene la cessione di elettroni da parte del metallo (area anodica) che, in ultima analisi, si "corrode". Quest'ultima, di regola, inizia in corrispondenza dei punti di rottura del film di passività procedendo, poi, con effetto penetrante nel metallo.

La figura 3 indica la schematizzazione del processo di corrosione localizzata.

E' importante rilevare che se le condizioni di corrosione sono tali da creare aree catodiche molto grandi ed aree anodiche molto piccole, la velocità di penetrazione del processo corrosivo sarà estremamente alta a causa della grande quantità di elettroni che il metallo dovrà fornire per soddisfare il processo di riduzione catodica dell'ossigeno. Nell'interno della cavità, poi, per intervento di processi di idrolisi e di trasporto elettrico nella soluzione, si produce una gran concentrazione di sali che tendono a fare aumentare il grado di acidità della soluzione all'interno della cavità. Per tali ragioni, il processo di corrosione localizzata ha una notevole tendenza a svilupparsi in maniera autostimolante, per cui, una volta innescato, risulta assai difficile da fermare.

La figura 4 schematizza un processo di corrosione localizzata in corrispondenza di un interstizio. L'area catodica è quella esterna, sulla quale l'ossigeno ha libero accesso. L'area anodica è quella interna, in cui l'ossigeno ha più difficoltà di accesso e per la quale, quindi, il film di passività ha minor stabilità ed è quindi più predisposto a permettere processi di innesco di corrosione. Anche in questo caso l'efficienza dell'area catodica nel determinare la velocità di corrosione della area anodica, dipende, in maniera sostanziale, dal rapporto area catodica/area anodica; maggiore sarà questo rapporto, maggiore sarà la penetrazione della corrosione in corrispondenza dell'area anodica.

L'efficienza dell'area catodica dipende però anche da quanto ossigeno riesce a diffondersi attraverso l'ac

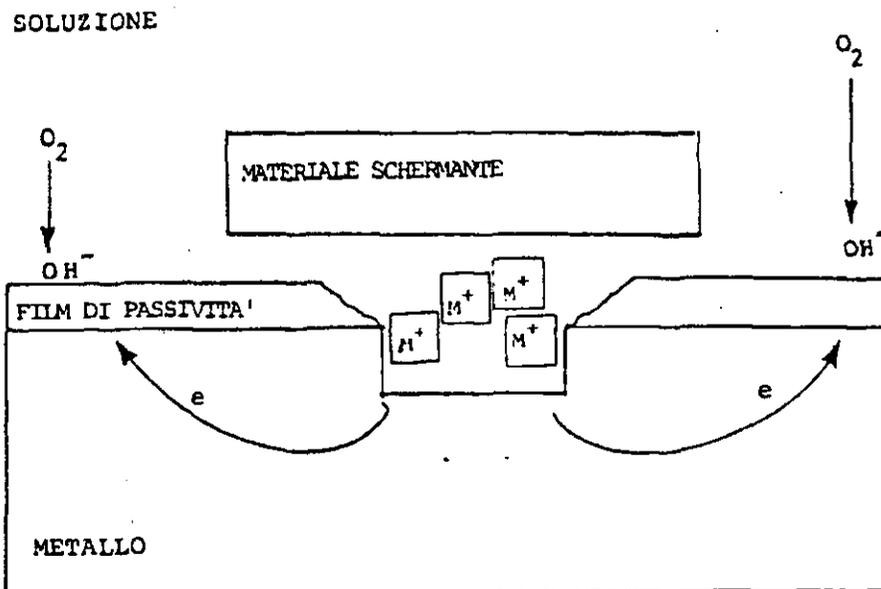


Fig. 4 - Schema di meccanismo elettrochimico di corrosione interstiziale. Il corpo schermante può essere di materiale identico o diverso da M; può essere metallico o non metallico.

REAZIONE	E° (V)
$Au^{+++} + 3e \rightarrow Au$	1,498
$Cl_2 + 2e \rightarrow 2Cl^-$	1,359
$Cr_2O_7^{--} + 14H^+ + 6e \rightarrow 2Cr^{+++} + 7H_2O$	1,33
$O_2 + 4H^+ + 4e \rightarrow 2H_2O$	1,229
$Pt^{++} + 2e \rightarrow Pt$	1,2
$Ag^+ + e \rightarrow Ag$	0,799
$Hg_2^{++} + 2e \rightarrow 2Hg$	0,792
$Fe^{+++} + e \rightarrow Fe^{++}$	0,771
$O_2 + 2H_2O + 4e \rightarrow 4OH^-$	0,401
$Cu^{++} + 2e \rightarrow Cu$	0,337
$Sn^{++++} + 2e \rightarrow Sn^{++}$	0,14
$2H^+ + 2e \rightarrow H_2$	0,000
$Pb^{++} + 2e \rightarrow Pb$	-0,126
$Sn^{++} + 2e \rightarrow Sn$	-0,140
$Ni^{++} + 2e \rightarrow Ni$	-0,23
$Cd^{++} + 2e \rightarrow Cd$	-0,402
$Fe^{++} + 2e \rightarrow Fe$	-0,440
$Cr^{+++} + 3e \rightarrow Cr$	-0,74
$Zn^{++} + 2e \rightarrow Zn$	-0,763
$Al^{+++} + 3e \rightarrow Al$	-1,66
$Hg^{++} + 2e \rightarrow Hg$	-2,37
$Na^+ + e \rightarrow Na$	-2,698

Fig. 5 - Potenziali standard di ossido-riduzione; da essi è ricavabile la "serie elettrochimica degli elementi"

qua; uno dei fattori di maggior importanza, in questo caso, è la turbolenza dell'acqua stessa sull'area catodica. Non ci meraviglia, quindi, che un'elica in moto di una nave costituisca un'area catodica eccezionalmente efficace, e che, quindi, costituisca una superficie di grande richiamo di elettroni dalle strutture metalliche circostanti (es. zona poppiera, timone, ecc.) che tenderanno a corrodersi assai velocemente.

#### 4) La corrosione galvanica

L'esempio dell'elica, oltre che riuscire utile per rendersi conto di quanto possa influire un grande afflusso di ossigeno sull'area catodica, serve pure per introdurre un altro aspetto fondamentale della corrosione, ossia la possibilità di localizzazione di un processo corrosivo su un metallo che risulti elettricamente in contatto con un metallo di altra natura (ossia la lega di rame dell'elica ed il ferro della parte poppiera dell'imbarcazione). Tale tipo di corrosione si indica con il termine di "corrosione per contatto", o più comunemente, "corrosione galvanica".

I metalli sono caratterizzati da una loro "nobiltà", esprimibile in termini di potenziale standard  $E_0$ , il cui significato, in termini pratici può essere assimilato alla maggiore o minore facilità per i singoli metalli, a perdere un certo numero di quei tali elettroni che determinano la stabilità del legame metallico. I metalli più nobili, es. l'argento o il rame perdono questi elettroni assai più difficilmente che i metalli meno nobili quali il ferro, lo zinco o l'alluminio. Se mettiamo, quindi, in fila i vari metalli, in funzione della loro nobiltà, ritroviamo la più o meno nota "serie elettrochimica degli elementi" (Fig.5) che è costruita su basi termodinamiche e ci dà, in un certo modo, l'indice della reattività dei vari metalli in soluzioni acquose dei loro sali. Essa, però, a prima vista, ci dà una visione complessiva che non sempre è direttamente applicabile alla pratica; ci dice, ad esempio, che il titanio è un metallo assai poco nobile e che, quindi, a rigore, dovrebbe corrodersi assai facilmente, cosa che in pratica assolutamente non si verifica. Anzi, il titanio (parliamo di titanio metallico e non di titanio in lega) sta tra i metalli più incorrodibili in ambiente acquoso, in generale, ed in ambiente marino, in particolare. La spiegazione sta nel fatto che il titanio si passiva assai facilmente e che il suo film di passività è estremamente stabile, nell'ambiente marino, tanto che il metallo, in pratica, risulta incorrodibile nelle acque naturali anche più aggressive.

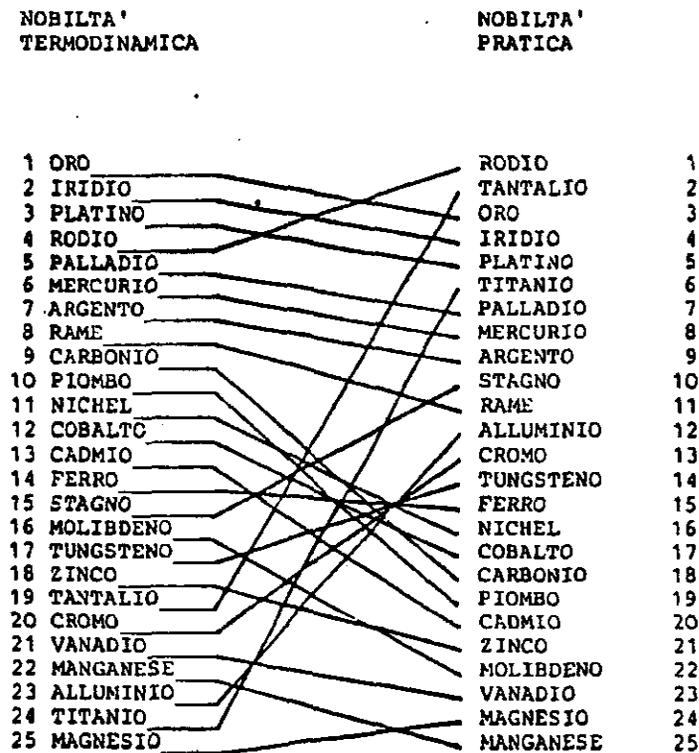


Fig. 6 - Scala di nobiltà termodinamica e pratica di metalli in ambiente acquoso.

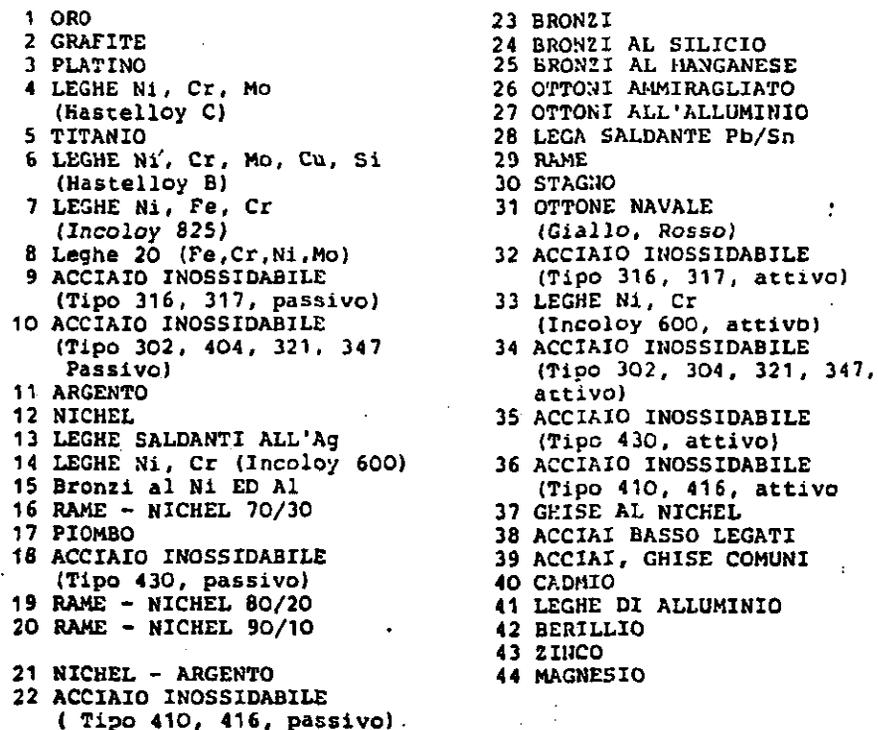


Fig. 7 - Scala di nobiltà di materiali metallici commerciali, in ambiente marino

Ne deriva che, di fianco alla serie elettrochimica degli elementi vera e propria espressa in termini di potenziali standard  $E_0$ , bisogna considerare una scala di nobiltà "pratica", ossia inerente al metallo passivo in ambiente acquoso, per cui, come si vede in fig. 6 si possono avere ribaltamenti assai significativi, come ad esempio nel caso dell'alluminio, del titanio o del cromo che è l'elemento base degli acciai inossidabili.

Se poi ci vogliamo riferire all'ambiente marino, si potrà costruire un'altra scala di nobiltà pratiche tenendo conto della stabilità più o meno alta dei film di passività dei vari materiali in tale ambiente (caratterizzato dalla massiccia presenza di cloruri) nonché di talune condizioni operative quali la velocità di flusso o le condizioni di aereazione differenziale che si verificano negli interstizi (Fig. 7).

Nel caso di due metalli (o leghe, s'intende) collegati elettricamente tra di loro e sottoposti a "richiesta" di elettroni per intervento di un processo di riduzione catodica dell'ossigeno, sarà il metallo meno nobile (ossia quello che perde più facilmente elettroni) a corrodersi preferenzialmente; non solo, ma l'entità della sua corrosione dipenderà dalla quantità di ossigeno che riesce a raggiungere l'intera superficie esposta (ossia quella del metallo meno nobile, più quella del metallo più nobile).

La fig. 8 schematizza un tale meccanismo per una

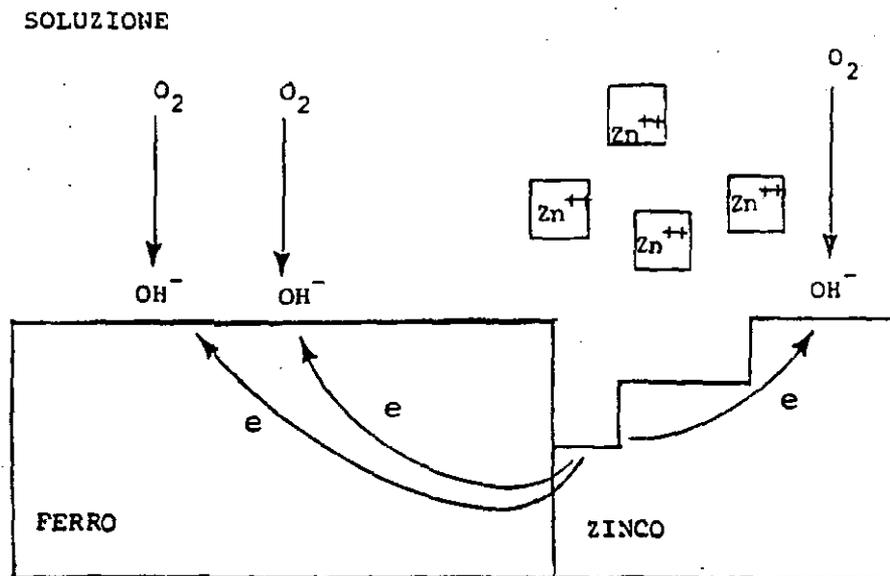


Fig. 8 - Schema di meccanismo elettrochimico di corrosione galvanica; lo zinco si scioglie preferenzialmente fornendo elettroni per la riduzione catodica dell'ossigeno sull'intera superficie metallica (Ferro + Zinco).

"coppia" ferro/zinco, supponendo che la superficie del ferro esposta all'ambiente corrosivo sia uguale a quella dello zinco. Il risultato è che il ferro funziona solo da area catodica e non si corrode essendo rifornito di elettroni dallo zinco che, viceversa, si corrode a velocità doppia, ossia per quanto riguarda l'ossigeno che raggiunge il ferro e per quanto riguarda l'ossigeno che raggiunge lo zinco stesso. Se il rapporto tra l'area catodica (ferro) e l'area anodica (zinco) è molto grande, lo zinco si corroderà assai velocemente, però il ferro rimarrà totalmente, o almeno parzialmente protetto. L'entità della corrosione galvanica dipenderà quindi non solo dalla differenza di nobiltà dei due metalli e dalla conducibilità elettrica dell'ambiente corrosivo, (che determina il ritorno di corrente dal lato soluzione) ma anche dal rapporto di aree, per cui se si considera il comportamento di un chiodo di ferro su una lamiera di rame, si vedrà che esso si corroderà assai velocemente, mentre un chiodo di rame su una lamiera di ferro creerà una situazione assai meno pericolosa, essendo lo sviluppo dell'area catodica assai inferiore di quello dell'area anodica; entrambe le soluzioni saranno, comunque da evitare.

Infine, la efficacia della corrosione galvanica dipende anche dalla facilità con cui gli elettroni, ossia la corrente elettrica, supera la superficie di contatto tra i due metalli. Un buon contatto quale quello fornito da una saldatura costituirà la situazione ottimale per la libera circolazione di corrente tra i due metalli e sarà, quindi, la situazione ottimale per procurare corrosione galvanica. Al contrario, la interposizione di un isolante (es. plastica, gomma, ecc.) tra i due metalli, costituirà il modo più efficace per impedire il passaggio di corrente tra i due metalli, e quindi la realizzazione del processo di corrosione galvanica.

La corrosione galvanica assume la sua massima intensità per le parti immerse in acqua di mare; in acqua dolce risulta assai meno intensa. Per le strutture non immerse, ma sempre a contatto con atmosfera marina, è pure possibile che si sviluppino situazioni pericolose. La corrosione, anche in questo caso, è resa possibile, oltre che dal contatto diretto tra i due metalli, anche dal ristagno di acqua nell'interstizio tra i due metalli. E' comunque vero che per le strutture che non lavorano immerse, il problema è meno drammatico poiché le aree catodiche coinvolte sono di ordine di

grandezza simile a quelle delle aree anodiche. E' evidente, quindi come, in questo caso l'errore di progetto possa giocare un ruolo essenziale. E in questo campo, purtroppo, si vede attorno ancora molto lavoro eseguito con molta leggerezza.

Una volta compreso il meccanismo della corrosione galvanica si può comprendere quanto diverso debba essere il comportamento di un ottone cromato da quello di un ferro zincato. Nel primo caso, una imperfezione nel film superficiale (il cromo passivo funzionante da area catodica) favorisce la penetrazione della corrosione nel metallo sottostante (l'ottone che funziona da area anodica). Nel secondo caso una imperfezione nello strato superficiale di zinco (area anodica) non pregiudica l'incolumità del ferro sottostante (area catodica).

Inoltre, una volta compreso il meccanismo della corrosione galvanica, risulta facile rendersi conto come sia possibile proteggere un metallo collegandolo elettricamente con un metallo meno nobile. Ad esempio, se sulla parte immersa di uno scafo in ferro applico dei pezzi di zinco, non faccio altro che creare delle aree anodiche preferenziali (lo zinco) su cui si concentra la richiesta di elettroni causata dal processo di riduzione catodica dell'ossigeno che si realizza sull'intero scafo; applicando quindi pezzi di zinco allo scafo (opera viva, s'intende) non faccio altro che volutamente creare aree su cui si "scarichi" tutto il processo di corrosione. Se su uno scafo si creano zone particolarmente sollecitate dalla corrosione (es. la zona poppiera) sarà opportuno infittirvi la distribuzione degli zinchi. Per proteggere il ferro, in ultima analisi, lo zinco si "sacrifica" funzionando da area anodica ed è per questo che tali aree anodiche prendono il nome di "anodi sacrificabili".

### 5) Corrosione per correnti disperse.

C'è un caso in cui i fenomeni di corrosione negli ambienti naturali non dipendono dai meccanismi elettrochimici facenti capo all'ossigeno che si riduce sulla superficie metallica. Esso si verifica quando il ruolo di "consumatore" di elettroni è svolto dal polo positivo di un generatore di corrente continua (batteria, dinamo, raddrizzatore, dispersori di terra, saldatore ad arco, alimentatore di rete ferroviaria ecc., che per errore di progetto o per cause fortuite producono attraverso il metallo un flusso di elettroni (corrente elettrica) con effetto comparabile, riguardo alla stabilità chimica del metallo, a quello creato dall'ossigeno sciolto nell'acqua. Si parla allora di "correnti disperse" (o "correnti vaganti").

In tali condizioni, il metallo può perdere i propri elettroni più periferici, con il risultato di passare in soluzione in forma ionizzata ( $\text{Fe} - 2e \rightarrow \text{Fe}^{++}$ ). In questo caso, è ovvio, il processo di corrosione non può essere considerato come un processo spontaneo ma come un processo indotto da una forza esterna (la corrente elettrica) al cessare della quale viene a cessare anche il processo corrosivo.

Anche in questo caso la funzione protettiva di anodi sacrificabili può essere intesa sotto il profilo della presenza, a contatto del metallo da proteggere (es. il ferro), di un metallo che perde più facilmente i propri elettroni, evitando quindi la corrosione del ferro.

### 6) Corrosione atmosferica

Quando su una struttura metallica esposta agli agenti atmosferici (aria) si sviluppano fenomeni di corrosione, si parla di corrosione atmosferica.

Rispetto a quanto si verifica per le strutture immerse, l'attacco corrosivo risulta più modesto e generalizzato anche se in alcuni casi non manchi la possibilità di sviluppo di corrosione localizzata, ad esempio cricatura per tensocorrosione o corrosione per fatica che possono creare guai di notevole entità.

Anche nella corrosione atmosferica gli agenti fondamentali promotori di corrosione sono l'acqua, l'ossigeno (aria) ed i gas, i sali o le particelle solide eventualmente presenti quali agenti inquinanti.

Fattore fondamentale della corrosione atmosferica è il grado di umidità in corrispondenza della superficie del metallo che si corrode per cui si può distinguere in:

- a) Corrosione atmosferica "bagnata" che si riferisce alle strutture su cui è presente un film continuo di acqua (condense, precipitazioni ecc.)
- b) Corrosione atmosferica "umida" che si riferisce alle strutture sulle quali è presente un film di acqua adsorbito o goccioline condensate nelle micro fessure o nei micro interstizi della superficie metallica
- c) Corrosione atmosferica "secca" che si riferisce alla assenza di acqua condensata in superficie e che porta alla formazione di "veli" di prodotti di corrosione (es. offuscamento dell'argento all'aria; comunque processi estremamente lenti).

E' ovvio che la classificazione non può essere netta poichè l'esposizione di una struttura agli agenti atmosferici può comprendere, a seconda delle vicende climatiche, una successione più o meno regolare di anche tutti e tre i tipi di corrosione.

Altra complicazione è l'intervento dei prodotti di corrosione (igroscopici) o dei fattori geometrici (es. in interstizi) che favoriscono ristagni o la condensa di acqua. Nel caso a) la situazione è simile a quella delle strutture immerse con l'aggravante che il rifornimento da ossigeno alla superficie del metallo è favorito dalla sottigliezza del film di acqua superficiale. D'altro canto la sottigliezza del film si oppone allo sviluppo di aree anodiche e catodiche di grande dimensione per cui ne risulta una minor tendenza alla corrosione localizzata.

Nel caso b), le particolari possibilità di ossigenazione dell'acqua condensata nelle micro fessure, possono determinare le massime velocità di corrosione generalizzata.

E' da tener presente che la microcondensazione della umidità è possibile, per questioni di menisco e di tensione superficiale, fino ad umidità relative superiori al 40%. E' come dire che solo al di sotto di tale percentuale non c'è possibilità di micro condensazione e quindi la corrosione atmosferica praticamente non progredisce. In una regione come la Valle Padana l'umidità relativa scende al di sotto del 40% solo in rare giornate di Favonio (vento caldo e secco proveniente da Nord).

L'intensità della corrosione atmosferica può essere aumentata in maniera impressionante dagli agenti inquinanti presenti nell'aria. Tra questi i più ricorrenti sono:

- a) Cloruro Sodico e Cloruro di Magnesio ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ); sono i costituenti fondamentali dell'ambiente marino; sotto forma di pulviscolo possono essere trasportati dal vento a decine di chilometri dalle coste; aumentano la conducibilità elettrica delle condense e sono quindi grandi stimolatori di corrosione. Inoltre l'igroscopicità del cloruro di magnesio favorisce la condensazione dell'umidità.
- b) Anidride solforosa  $\text{SO}_2$  e altri prodotti ossigenati dello zolfo. E' la causa principale delle cosiddette "pioggie acide" (assieme a composti ossigenati dell'azoto). Proviene dalla combustione dei combustibili contenenti zolfo (Nafte carboni, ecc.). Assorbita direttamente dalle condense produce acido solforico.
- c) Particelle carboniose (fuliggine, prodotti catramosi). Depositandosi sulle strutture formano micro interstizi che, a loro volta, favoriscono le micro condense. Per la loro conducibilità elettrica producono azione galvanica sul metallo sottostante. Assorbono  $\text{SO}_2$  in grande quantità, che poi cedono alle micro condense acidificandole. Danneggiano gli eventuali film di pitture.

La difesa contro la corrosione atmosferica è normalmente eseguita utilizzando criteri e tecnologie differenti. Tra questi citiamo:

- a) La scelta di materiali inossidabili o passivabili (acciai inossidabili, leghe di rame, ecc.)
- b) L'applicazione di film metallici superficiali protettivi (es. Cromatura, Nichelatura, Zincatura, ecc.)
- c) La formazione di film superficiali di conversione (es. ossidazione anodica)
- d) La applicazione di "sistemi" di pitture appropriati
- e) La applicazione di grassi o prodotti inibitori.

### 7) Corrosione delle armature dei calcestruzzi

Le armature dei calcestruzzi servono essenzialmente per sopportare gli sforzi di trazione a cui le strutture di calcestruzzo vengono sottoposte. Le armature, quindi, sono immerse in un ambiente a reazione alcalina (il cemento,  $\text{pH} \approx 12-13$ ) ed è previsto che lavorino in condizioni di trazione che raggiunge i valori massimi nel caso dei precompressi. Se la copertura cementizia è corretta (es. spessore, porosità ecc.) ed in assenza di anioni aggressivi (es. cloruri) l'acciaio non si corrode poichè nelle condizioni di alcalinità create dal materiale cementizio, l'acciaio è in condizioni di passività. Ciò può essere osservato dal diagramma di Fig. 9 (diagramma di Pourbaix a  $25^\circ\text{C}$ , semplificato) che riporta le condizioni di stabilità

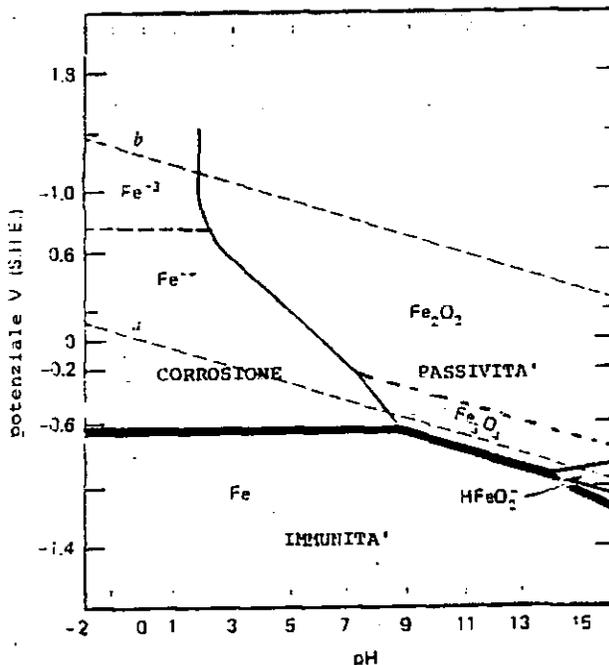


Fig. 9 - Diagramma di Pourbaix a  $25^\circ\text{C}$  in forma semplificata

termodinamica del Ferro e delle sue forme ossidate, in funzione delle condizioni ambientali, ossia il  $\text{pH}$  ed il potenziale (E). Ad alti valori di potenziale corrispondono condizioni molto ossidanti, mentre a bassi valori di E corrispondono condizioni assai poco ossidanti o addirittura riducenti a cui il ferro non si può corrodere (immunità).

In condizioni molto ossidanti, quindi, il ferro tende ad ossidarsi, ossia a perdere i suoi elettroni periferici assumendo la forma di ione solubile (es.  $\text{Fe}^{++}$  o  $\text{Fe}^{+++}$ ) in ambiente acido, o di ossido, più o meno protettivo in ambiente alcalino ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$  -  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

Il passaggio dalla forma Fe alla forma ossidata, (corrosione) si ottiene quindi quando il ferro è posto in un ambiente adeguatamente ossidante (es. acqua satura di aria) che sposti il potenziale del ferro nel campo di potenziali in cui il Ferro non è più stabile ma è stabile una sua forma ossidata (Potenziale di corrosione). Le rette in nero marcato in fig. 9 indicano i limiti di esistenza della forma ridotta (Fe) e delle forme ossidate del ferro, ossia le condizioni di equilibrio red/ox termodinamico.

Le specie ossidate del Ferro indicate dal diagramma sono particolarmente protettive (passività) per il metallo qualora sia assicurato un certo grado di alcalinità (pH 12-13), cosa a cui provvede il calcestruzzo.

Condizioni di corrosione, viceversa, si verificano se il pH scende ai valori in cui la passività non è più sostenibile (cemento che abbia subito processi di carbonatazione) oppure quando la presenza di ioni estranei (es. cloruri) oltre a provocare acidificazione, riduce il campo di stabilità delle specie passivanti.

Infine dal diagramma si vede come applicazioni di protezione catodica, snobilitando il potenziale del metallo a potenziali nel campo dell'immunità ed aumentando il grado di alcalinità possano produrre un'efficace effetto protettivo.

Le condizioni di corrosione si possono sviluppare in modo da ottenere corrosione generalizzata delle armature; viceversa, nel caso di acciai ad alto limite di snervamento e di presenza di cloruri e di forti sollecitazioni meccaniche tensionali si può arrivare a realizzare condizioni di tensocorrosione con effetto rapido, catastrofico e, il più delle volte, inatteso.

#### 8) Corrosione di strutture in altri ambienti

Nel caso di strutture interrate, sarà principalmente l'umidità del materiale inglobante (es. terreno, gesso, ecc.) a determinare la possibilità di corrosione. E' ovvio che in assenza di umidità, la corrosività sarà assai bassa, mentre, in caso di umidità alta (o anche di acqua bagnante) si potranno avere buone probabilità di corrosione. Nell'edilizia, il gesso, in presenza di umidità, risulta estremamente pericoloso a causa del suo forte potere acidificante.

## 9) Conclusioni

Il problema della corrosione si presenta un fatto re complesso, molte volte affrontato in maniera parziale e disorganica anche in funzione della molteplicità e delle esigenze delle diverse apparecchiature. Fattori chimici, fisici, geometrici, metallurgici, biologici, meccanici ed umani possono concorrere a determinarne l'insorgenza e lo sviluppo. A volte anche le esigenze estetiche o di mercato possono giocare un loro ruolo non indifferente.

In altri casi, ciò che si vede è protetto con molta maggior cura di ciò che non si vede; ne consegue che le esigenze estetiche superano molte volte le esigenze della sicurezza e della funzionalità.

E' comunque vero che la difesa della corrosione nasce essenzialmente all'atto del progetto che, in funzione delle esigenze di utilizzazione, determina la qualità dei materiali, la distribuzione degli sforzi, la scelta delle giunzioni, le particolarità costruttive da cui necessariamente dovranno dipendere le scelte di carattere protettivo.

A ciò dovrà essere abbinata una assidua, accurata ed appropriata opera di manutenzione ed ispezione da parte dell'utente, per elevare il grado di affidabilità di ciò che progettista e officina hanno prodotto.

Queste osservazioni vogliono costituire un approccio di facile accesso ai problemi di corrosione che maggiormente possono verificarsi negli ambienti naturali. Esse prescindono dalla trattazione di molti aspetti solamente accennati ma che possono assumere ruoli assai importanti in situazioni particolari.

Per una più ampia trattazione dei vari problemi si consiglia la lettura del testo: G. Bianchi, F. Mazza "Corrosione e protezione dei metalli" Ed. Masson Italia - Milano 1989

**ACC. INOSSIDABILI : LEGHE DI Fe , Cr , C CON POSSIBILI AGGIUNTE DI ALTRI ELEMENTI ATTI A CONFERIRE BEN DETERMINATE CARATTERISTICHE DI TIPO STRUTTURALE O CHIMICO O MECCANICO**

■ **IL Fe E IL C CONFERISCONO LE PRINCIPALI CARATTERISTICHE MECCANICHE**

■ **IL Cr DONA LE PRINCIPALI CARATTERISTICHE DI ANTICORROSIONE**

■ **ALTRI ELEMENTI : Ni , Mn , N SONO AUSTENIZZANTI (struttura non magnetica) buona deformabilità a freddo**

Se , S aumentano la lavorabilità (truciolo al tornio) (viteria)

Ti , Nb , Ta diminuiscono la possibilità di precipitazione dei carburi ai bordi dei grani

Mo aumenta la resistenza ai Cl<sup>-</sup> e agli acidi riducenti

W , Si aumentano la resistenza alle alte temperature

C basso migliora le condizioni di saldabilità (acciai l.c. basso carbonio)

Cr è ferritizzante (struttura magnetica con maggiori caratteristiche meccaniche ma minor deformabilità.)

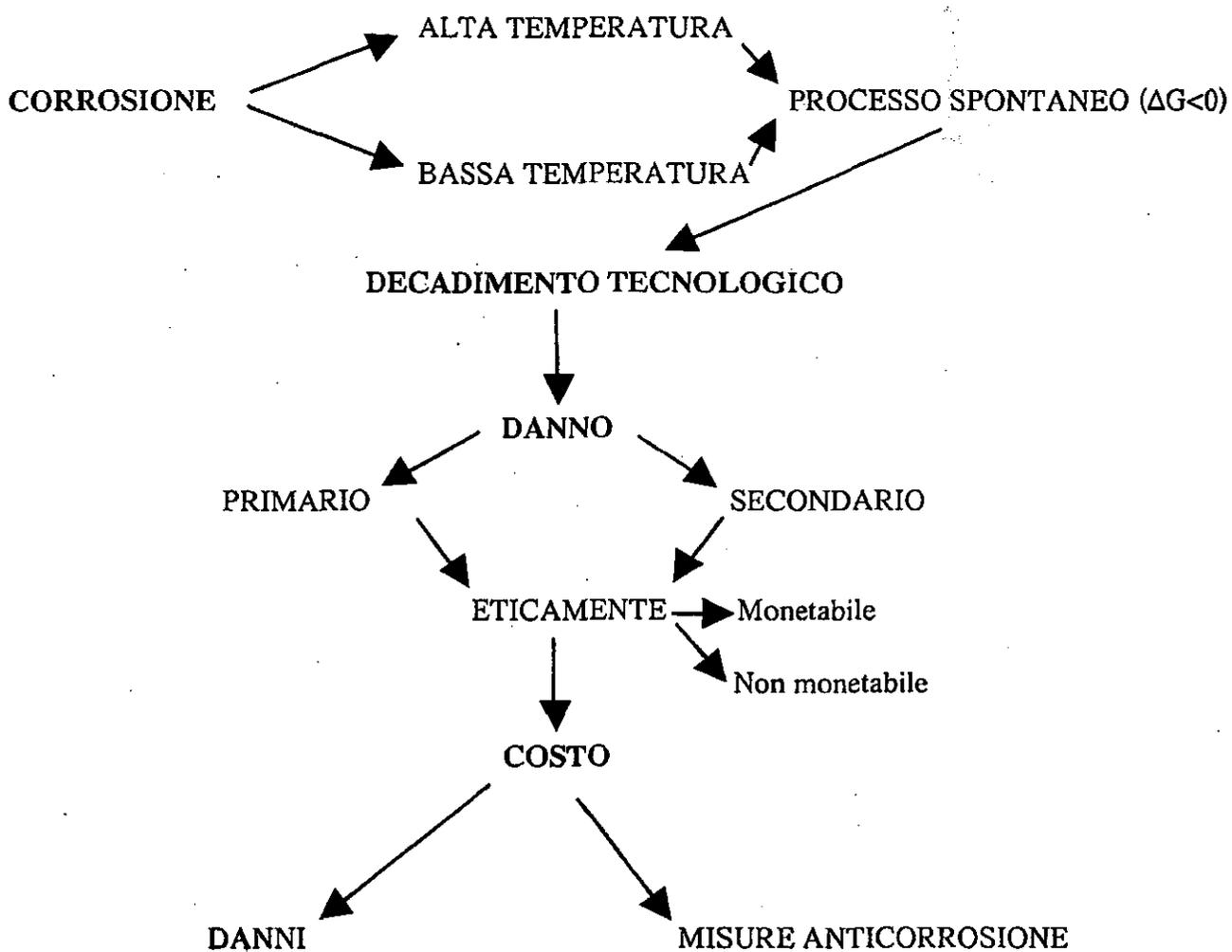
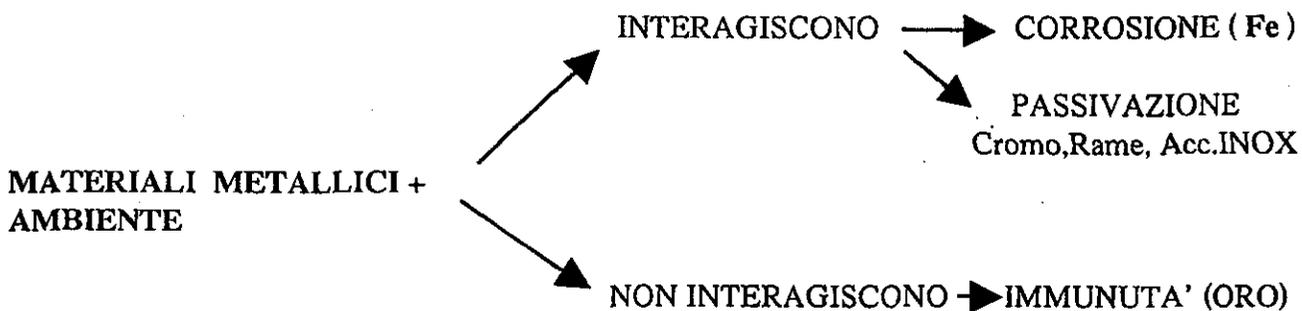
## **GLI ACC. INOSSIDABILI NON SONO DEL TUTTO INOSSIDABILI**

◆ **IN CERTE CONDIZIONI POSSONO SUBIRE PROCESSI DI CORROSIONE PER CUI SI RICHIEDONO ATTENZIONI :**

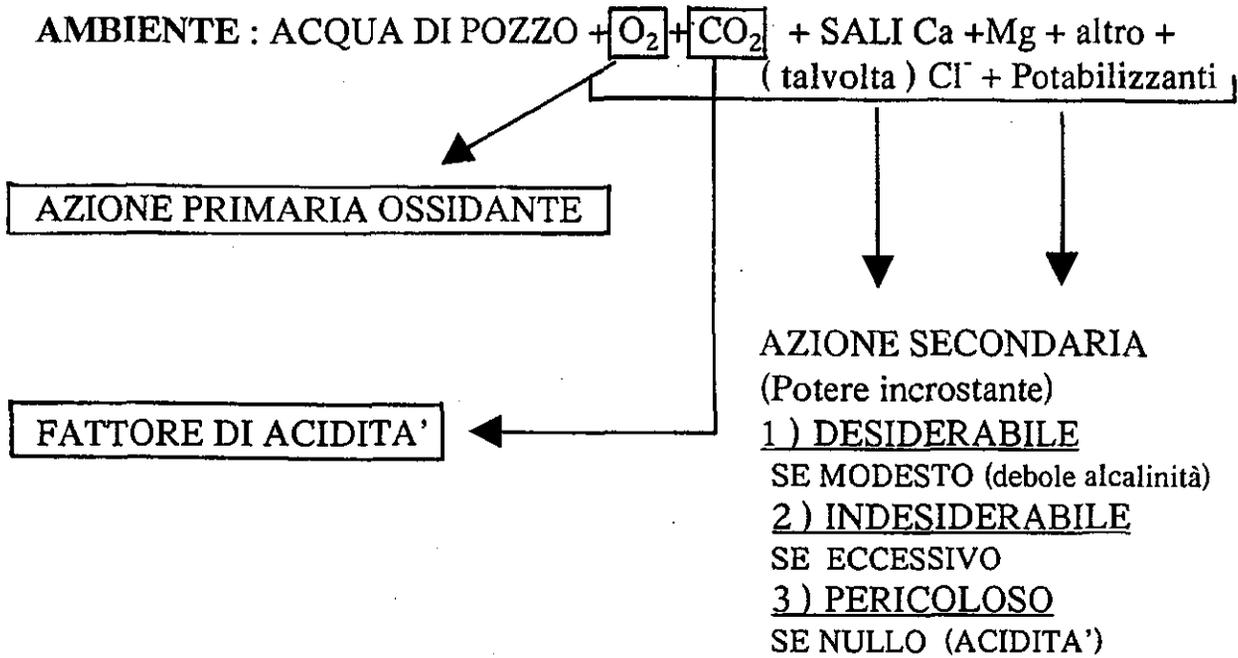
- DI SCELTA DEL MATERIALE
- DI PROGETTAZIONE
- DI MESSA IN OPERA
- DI GESTIONE
- DI ANALISI E DIAGNOSTICA DEI GUASTI

## GLI ACCIAI INOSSIDABILI E L'ACQUA POTABILE

### I FENOMENI CORROSIVI SUGLI ACCIAI INOSSIDABILI



## IMPIANTI DOMESTICI PER ACQUA POTABILE



### PER GLI ACCIAI INOSSIDABILI

- CIRCUITO APERTO (Acqua corrente) ⇒ POSSIBILITA' DI CORROSIONE SE SI VERIFICANO 2) e/o 3)
- STRUTTURA INTERRATA O INGLOBATA IN MURATURA (O.K. se in assenza di  $Cl^-$ )
- SOLUBILITA' DI  $O_2$  IN ACQUA DOLCE  $\cong 10$  mg/l a c. n.

- QUANTITA' DI  $O_2$  CHE ARRIVA SUL METALLO dipende da
  - ▲ Solubilità di  $O_2$
  - ▲ Temperatura
  - ▲ Velocità di flusso
  - ▲ Turbolenza

## CONCLUSIONI

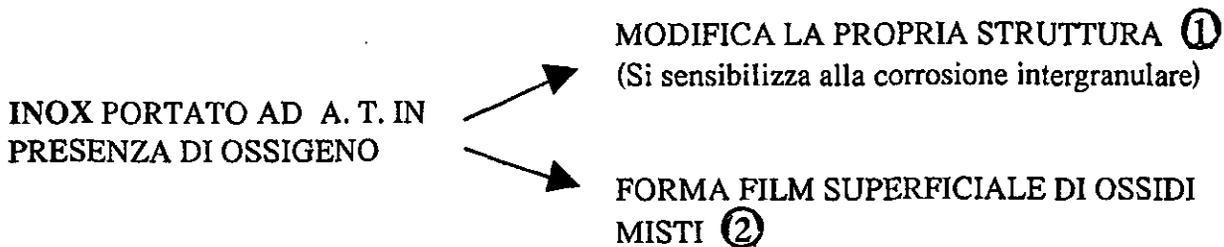
ATTENZIONE IN OGNI FASE DI REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO !

- GRANDI DIFFERENZE GESTIONALI
- POSSIBILITA' DI CORROSIONE DI CONTATTO (GALVANICA) CON ALTRI METALLI
- VALORI DI OLTRE 300 p.p.m. DI CLORURO
- PARETI SOTTILI - MASSIMA VULNERABILITA'
- RISCHIO DEGLI INTERSTIZI O USO DI ACCIAI TRATTATI SUPERFICIALMENTE (RACCORDI NITRURATI O/A COMPRESSIONE)
- INFLUENZA DEI DISINFETTANTI

per ulteriori approfondimenti :

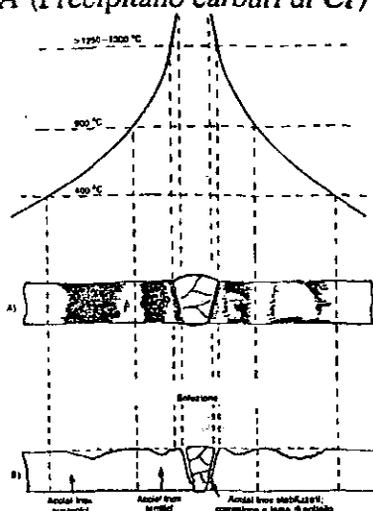
-G. Bianchi, F. Mazza: Corrosione e Protezione dei Metalli.  
Masson Editore Milano (1989)

**RESISTENZA ALLA CORROSIONE AD ALTA TEMPERATURA**

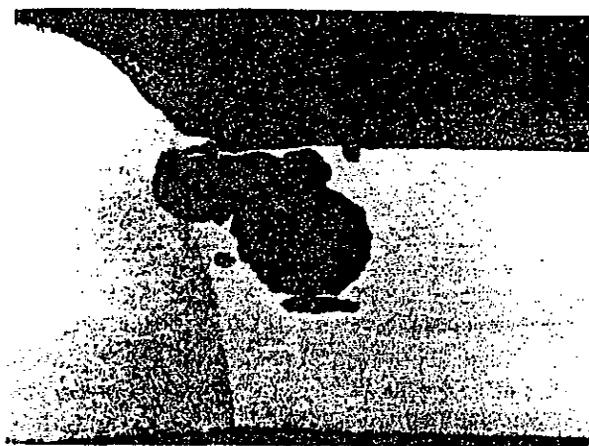
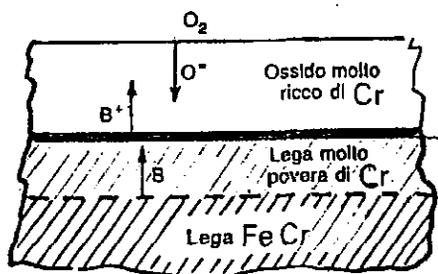


① HA SOPRATTUTTO INFLUENZA SULLA SALDATURA (Precipitano carburi di Cr)

- USARE ACCIAI A BASSO TENORE DI C
- USARE ACCIAI STABILIZZATI (Nb, Ta, Ti)
- USARE REGOLE SPECIALI (tempi, spessori, ecc.)



② GLI OSSIDI MISTI SUPERFICIALI (NERI) SONO PIU' RICCHI DI Cr  
IL METALLO SOTTOSTANTE RISULTA, COSI', IMPOVERITO IN Cr E PIU' FACILMENTE AGGREDIBILE QUANDO VIENE IN CONTATTO CON SOLUZIONI ACQUOSE

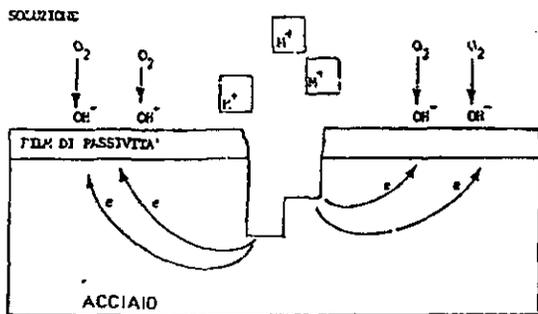


- UTILIZZARE AMBIENTI INERTI DURANTE LA SALDATURA
- TOGLIERE GLI OSSIDI NERI CON PASTA DECAPANTE A BASE DI AC. NITRICO (O ACQUA OSSIGENATA) E AC. FLUORIDRICO PER RIPRISTINARE LA SUPERFICIE ORIGINALE (PULITA)

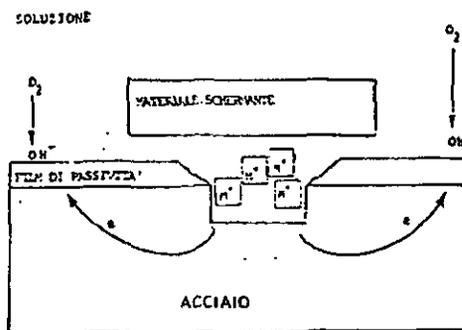
# MORFOLOGIE DI CORROSIONE DI MAGGIOR FREQUENZA

E' CORROSIONE LOCALIZZATA (POCO METALLO IN SOLUZIONE)

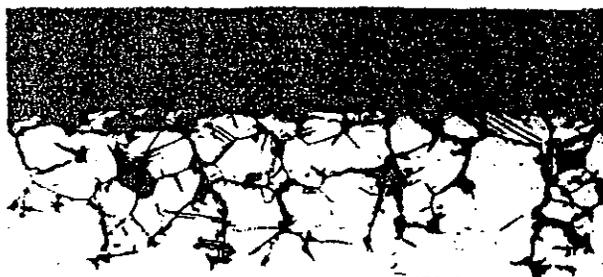
## 1) PITTING



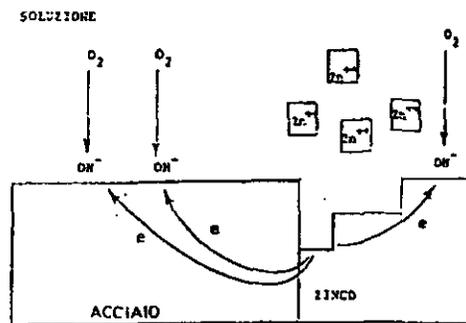
## 2) CORR. INTERSTIZIALE



## 3) CORR. INTERGRANULARE



## 4) CORR. GALVANICA

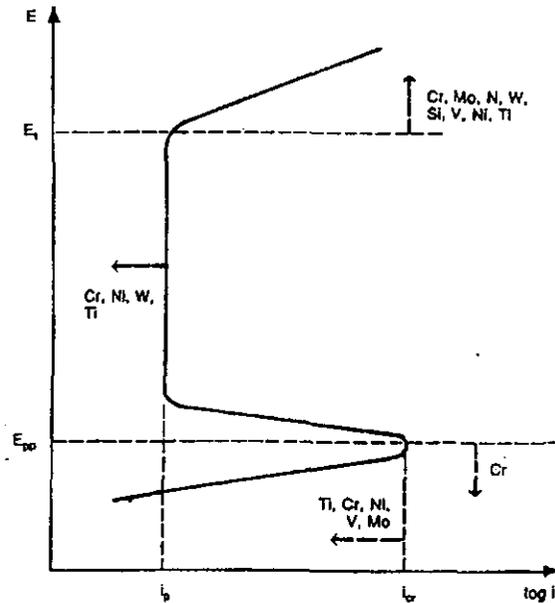


ALTRE FORME DI CORROSIONE SI POSSONO VERIFICARE IN AMBIENTI INDUSTRIALI

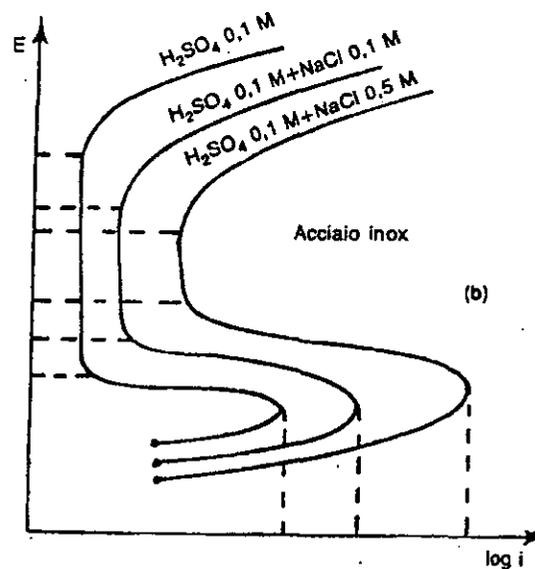
- LA CORROSIONE LOCALIZZATA E' INSIDIOSA PERCHE' A PENETRAZIONE MOLTO RAPIDA
- PERO' MANDA IN SOLUZIONE SOLO QUANTITA' MINIME DI METALLO TRA CUI IL NICHEL CHE PUO' ASSUMERE ASPETTI DI ATTENZIONE

LA CURVA PUO' ASSUMERE FORME DIVERSE :

- IN DIPENDENZA DEGLI ELEMENTI CONTENUTI NELL' ACCIAIO



- IN DIPENDENZA DELL' AGGRESSIVITA' DELL' AMBIENTE



- IN DIPENDENZA DELLE CONDIZIONI METALLURGICHE

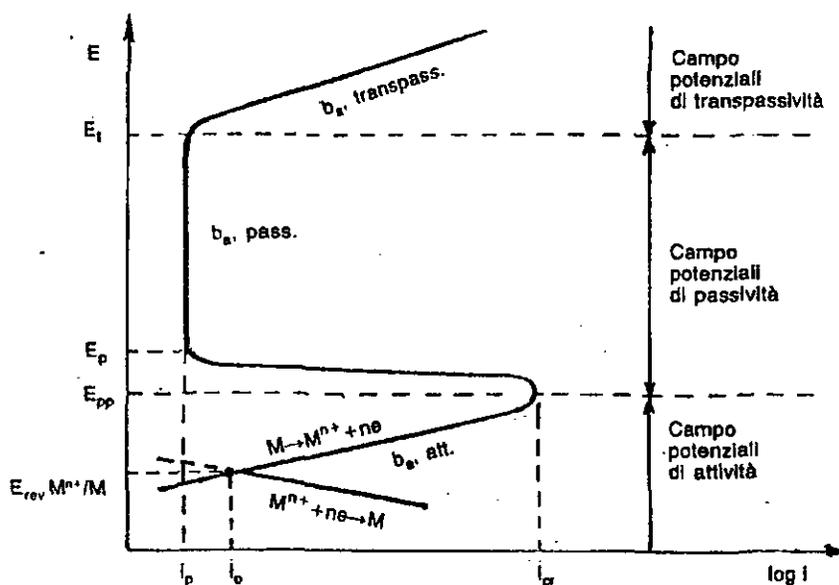
- IN DIPENDENZA DELLE CONDIZIONI DI DESIGN es. INTERSTIZI

LE CONDIZIONI DI INSTAURAZIONE DI UN FILM DI PASSIVITA' SU ACCIAIO  
 INOSSIDABILE SONO EVIDENZIATE DALLE CARATTERISTICHE  $E / \lg i$  CHE  
 INDICANO CHIARAMENTE COME IN UN CERTO INTERVALLO DI POTENZIALI

(Determinato dalla presenza di un determinato potere ossidante dell' ambiente, es, ossigeno,  
 ipoclorito,  $Fe^{+++}$ )

LA PRESENZA DEL FILM DI PASSIVITA' RIDUCA AL MINIMO LE POSSIBILITA' DI  
 SCAMBIO ELETTRICO DELLA SUPERFICIE DEL METALLO

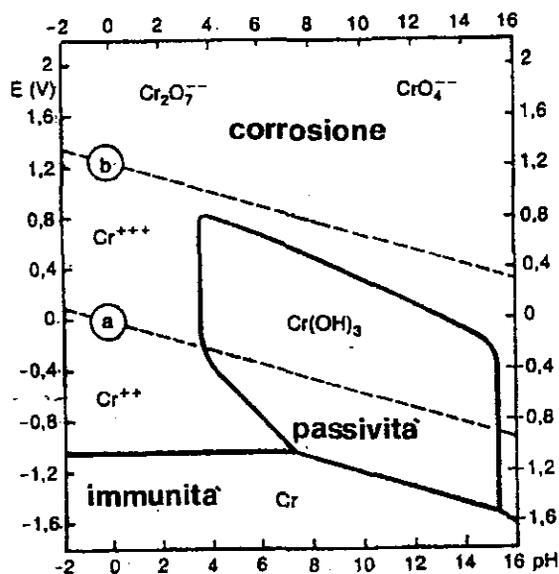
CIO' SIGNIFICA PASSIVITA' STABILE → CORROSIONE NON PROCEDE



## RESISTENZA ALLA CORROSIONE IN AMBIENTE ACQUOSO

- DERIVA DALLA PROPRIETA' CONFERITA DAL CROMO DI PASSIVARSI

DIAGRAMMA DI  
POURBAIX DEL Cr (c.n.)



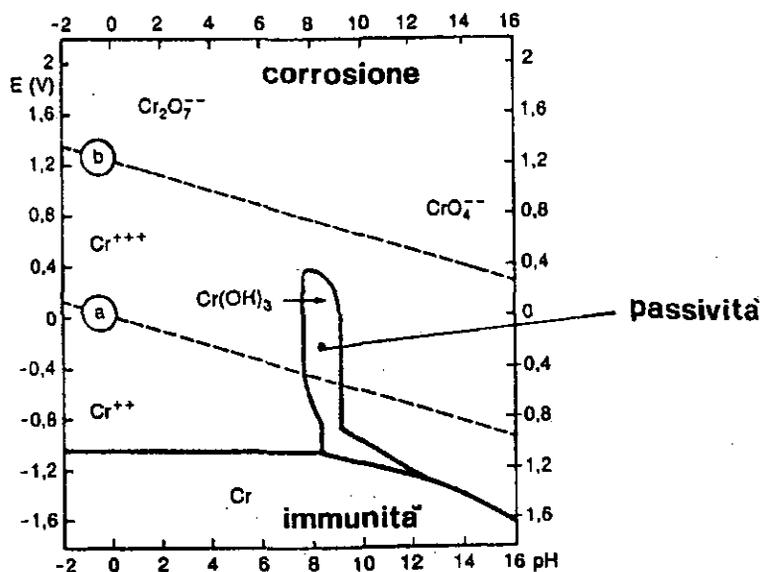
- LA PASSIVITA' E' STABILE FINCHE' LE CONDIZIONI AMBIENTALI

CHIMICHE  
FISICHE  
METALLURGICHE

LO PERMETTONO

TRA I FATTORI DI MAGGIOR RISCHIO: L' ACIDITA', L' ECCESSIVA ALCALINITA' E LA PRESENZA DI CLORURI.

DIAGRAMMA DI  
POURBAIX DEL Cr  
IN PRESENZA DI  $\text{Cl}^-$





**NiDI**  
Nickel  
Development  
Institute

\*\*\*\*\*

**Dr. Luciana Gramiccioni**  
Direttore reparto materiali di interesse sanitario  
**Dr. Giancarlo Donati**  
Reparto igiene dell'acqua, laboratorio di igiene ambientale  
  
Istituto Superiore di Sanità

**ASPETTI IGIENICI E NORMATIVI DELL'USO DI ACCIAI INOSSIDABILI  
NEGLI IMPIANTI PER LE ACQUE POTABILI**

Relazione presentata al convegno:  
"Gli acciai inossidabili e l'acqua potabile"  
Aspetti sanitari, tecnici e normativi degli impianti

*Organizzato dal Centro Inox e dal NiDI*

*Milano, 10 aprile 1997*

## **INTRODUZIONE**

Nella ricerca di acque da destinare all'uso potabile si pone, giustamente, molta cura nel valutare non solo la bontà dell'acqua captata ma anche quali garanzie possa offrire il territorio circostante di non incidere negativamente sulle qualità dell'acqua: per le acque profonde si richiedono studi geologici, per le acque superficiali si prendono in considerazione le attività umane a monte delle opere di presa.

Inoltre la qualità dell'acqua è analizzata per almeno quattro stagioni per valutare eventuali eccessive fluttuazioni dovute all'andamento climatico; solo successivamente le acque possono essere avviate al consumo umano previo, se necessario, un trattamento potabilizzante.

Se grande attenzione si pone alla qualità dell'acqua immessa nella rete acquedottistica con analisi al punto di captazione o dopo la potabilizzazione ed alla qualità dell'acqua distribuita con analisi al punto d'uso, d'altra parte la qualità igienico sanitaria dei materiali che vengono a contatto con l'acqua non è stata sinora, nella CEE, oggetto di una regolamentazione organica.

## **LA NORMATIVA ITALIANA**

Le prime disposizioni sulla qualità dei materiali usabili per le tubature risalgono al 1896 quando si prescriveva per i comuni dotati di "condutture di acqua distribuibile ai vari piani delle case" che "le colonne montanti di tale distribuzione dovranno essere di ferro, di ghisa, o di piombo solforato o rivestite all'interno di uno strato di stagno. I tubi di piombo ordinari saranno solo tollerati per le distribuzioni interne delle abitazioni". I serbatoi non potevano essere "rivestiti internamente di piombo né ricoperti con vernici contenenti piombo".

Nel 1901 il regolamento generale sanitario introduceva una differenziazione tra oggetti destinati al contatto con alimenti e bevande da una parte, per i quali escludeva l'uso del piombo tal quale e limitava la presenza dello stesso nelle saldature a stagno, negli smalti, negli strati vetrificati e dall'altra le tubature per acqua potabile per le quali il piombo era ancora permesso ma non poteva essere utilizzato il rame non stagnato.

Nel 1968 veniva autorizzato con un D.P.R., per le tubazioni interne alle abitazioni, l'uso di rame elettrolitico pur nel rispetto di determinate condizioni.

Le diverse modalità di contatto tra acqua e manufatti ha portato a differenziare in sede legislativa i materiali stessi.

I serbatoi, per i quali il rapporto volume d'acqua-superficie di contatto è elevata e la velocità di flusso è molto ridotta seguono la normativa dei prodotti alimentari:

D.M. 21/3/73, D.P.R. n. 777/82 e D.L. 25/1/92 n.108 che attua la Direttiva CEE 89/109.

Le tubature, dove si hanno più alte velocità di flusso ed inferiori rapporti volume d'acqua-superficie di contatto sono disciplinate diversamente: la circolare M. Sanità n. 102 del 2/12/78 è relativa alle materie plastiche ed alle gomme; in attuazione della Direttiva CEE 83/4/78 con ordinanza del M. Sanità del 26/6/86 l'uso della crocidolite per la costruzione di manufatti per acque potabili aggressive è stato posto fuori legge dal 30/4/91.

Le aziende acquedottistiche, almeno quelle di dimensioni maggiori, prevedono, nei propri capitolati di appalto, garanzie di qualità degli strati a contatto con l'acqua: tali materiali non devono conferire all'acqua potabile sapori né odori sgradevoli né sostanze tossiche.

## **LE LINEE GUIDA DELL'ORGANIZZAZIONE MONDIALE SANITÀ'**

L'Organizzazione Mondiale della Sanità non si è posta il problema di idoneità dei materiali a contatto dell'acqua potabile ma ha, sin dall'inizio, puntato la propria attenzione sull'acqua fornita al consumatore a prescindere da quale potesse essere la causa del non rispetto delle caratteristiche di potabilità, se naturali o dovute alla potabilizzazione e/o alle condotte. Entrando nello specifico del nostro tema e ricordando che gli acciai inossidabili sono leghe costituite essenzialmente da ferro, cromo e nichel in vari rapporti tra loro, vediamo se ed a quali concentrazioni in acqua potabile questi tre metalli potrebbero provocare problemi igienici.

### **Ferro**

E' uno dei metalli più abbondanti della crosta terrestre, si trova nelle acque dolci naturali in particolare in quelle profonde, prive di ossigeno e con basso potenziale redox sotto forma di ferro bivalente; può essere presente anche sia come residuo di potabilizzazione, se usato come flocculante, sia in seguito a corrosione del sistema di trasporto.

E' un elemento nutrizionale essenziale per l'uomo. Il bisogno quotidiano varia tra 10 e 50 mg in base all'età, peso corporeo, sesso, stato fisiologico e biodisponibilità del ferro assunto. La dose massima giornaliera provvisoria tollerabile è stata valutata in 0,8 mg/Kg peso corporeo, attribuendo all'acqua potabile il 10% di tale dose si ottiene un valore di circa 2 mg/l di ferro che non presenta rischi per la salute.

*Considerando che concentrazioni nettamente inferiori incidono sul gusto e l'aspetto dell'acqua, possono incrostare le tubazioni e macchiare gli abiti nei lavaggi, viene proposto un valore di 0,3 mg/l per "motivi estetici" e non viene fissato nessun valore-guida basato su criteri sanitari.*

### **Cromo**

Allo stato di ossidazione +3 è molto poco solubile a differenza del cromo esavalente. La concentrazione totale di cromo in acqua potabile è solitamente inferiore a 2 µg/l.

Il cromo (VI) si è dimostrato mutageno sia in vivo che in vitro e cancerogeno per gli animali da laboratorio; studi epidemiologici hanno mostrato un'associazione tra esposizione per inalazione e cancro polmonare: è classificato cancerogeno per l'uomo.

Il cromo trivalente e il cromo metallico non hanno mostrato attività citotossica né cancerogena. Le differenze di azione mutagenica e cancerogena tra cromo (III) e cromo (VI) possono essere spiegate con le differenti proprietà chimico-fisiche.

I composti di cromo (III) biologicamente inattivi non sono stati trasformati in agenti mutageni in sistemi biologici ma soltanto dopo trattamento con forti ossidanti. Pertanto, in linea di principio, sarebbe stato normale stabilire valori guida diversi per cromo (III) e cromo(VI) ma, considerando gli attuali metodi analitici, si è preferito fissare il valore-guida 50 µg/l riferendolo al cromo totale.

### **Nichel**

La concentrazione di nichel nell'acqua potabile è normalmente inferiore a 20 µg/l. La rubinetteria ed i pezzi speciali possono cedere nichel sino a concentrazioni di circa 1 mg/l. L'apporto medio quotidiano alimentare varia tra 100 e 300 µg di nichel. Non esistono studi adeguati sull'esposizione a lungo termine e gli effetti sulla riproduzione o sulla cancerogenicità per via orale mentre è considerato cancerogeno per inalazione. Provoca allergie cutanee: circa il 10% delle donne e l'1% degli uomini sono sensibili al nichel per contatto cutaneo; gli individui sensibilizzati reagiscono all'ingestione di dosi estremamente basse di nichel con eczemi. Per questi motivi è stato fissato per l'acqua potabile un valore guida basato su criteri di salute di 20 µg/l.

## **LA NORMATIVA EUROPEA**

La normativa CEE attualmente in vigore è la direttiva n. 80/778, recepita in Italia con il D.P.R. 236/88, in questa il ferro è considerato una sostanza indesiderabile ed è prescritto un valore guida di 50 µg /l e concentrazione massima ammissibile di 200 µg/l. Viene fatto notare che "concentrazioni superiori ai valori-limite possono apportare modificazioni dei caratteri organolettici dell'acqua".

Il cromo ed il nichel sono considerati sostanze tossiche per le quali è indicata una concentrazione massima ammissibile di 50 µg/l.

Sulla gazzetta CEE del 30/5/95 (testo italiano) è stata pubblicata una proposta di direttiva del Consiglio relativa alle acque destinate al consumo umano che modificherebbe, se approvata, il valore previsto per il nichel portandolo al valore proposto dall'O.M.S. ( 20 µg/l ). Inoltre è previsto che il prelievo del campione venga effettuato, secondo interpretazioni fornite da delegati di altre Nazioni, al rubinetto del consumatore all'interno della sua abitazione ovvero ad un rubinetto posto nell'immobile del consumatore oltre che sulla rete pubblica, e non solo a rubinetti pubblici, fontanelle o bar, come è previsto adesso. Infine non si fa cenno alla possibilità di far fluire l'acqua prima del prelievo.

La letteratura scientifica riporta il caso di cessione di nichel da acciai inossidabili testati con acqua potabile nel caso in cui vengano accoppiati, saldandoli, acciai inox differenti tra loro per composizione: differenti rapporti nel contenuto di cromo e nichel. In tal caso si possono instaurare differenze di potenziale tra parti di una stessa tubatura a cavallo della saldatura con susseguenti fenomeni di corrosione e di cessione di nichel all'acqua.

## **CONCLUSIONI**

La rubinetteria ed i pezzi speciali possono cedere nichel dopo ristagno di qualche ora, una notte o più. Tale fenomeno viene riscontrato soprattutto nel caso in

cui il prelievo venga effettuato da un'utenza privata per la quale è più frequente l'uso di rubinetteria cromata.

Qualora la nuova direttiva CEE venga approvata nella attuale stesura e venga, perciò, reso obbligatorio il prelievo anche all'utenza privata senza valutare l'eventuale ristagno in tubatura, la concentrazione di 20 µg/l potrebbe essere facilmente raggiunta anche solo per cessione da parte della rubinetteria.

Con le prime applicazioni guida sarebbe auspicabile attivare studi allo scopo di verificare le condizioni critiche che potrebbero mettere in crisi l'acciaio inox nei confronti della migrazione di nichel.

Un primo punto di particolare interesse potrebbe essere proprio quello di studiare per quali tra gli accoppiamenti di differenti acciai inox ed in quali condizioni d'uso si possano avere le più alte cessioni di nichel.



**NiDI**  
Nickel  
Development  
Institute

\*\*\*\*\*

**Dr. Cesare Greco**  
Direttore IRSI  
Associazione Imprese Realizzatrici Schemi Idrici  
Roma

**IL SISTEMA DEL SERVIZIO IDRICO INTEGRATO;  
LA RIPRESA DELLE COSTRUZIONI IDRAULICHE CON L'UTILIZZO  
DI MATERIALI D'AVANGUARDIA**

Relazione presentata al convegno:  
"Gli acciai inossidabili e l'acqua potabile"  
Aspetti sanitari, tecnici e normativi degli impianti

*Organizzato dal Centro Inox e dal NiDI*

*Milano, 10 aprile 1997*

## GLI ACCIAI INOSSIDABILI E L'ACQUA POTABILE

Milano, 10 aprile 1997

Relazione del Direttore della Associazione IRSI, Cesare Greco

IL SISTEMA DEL SERVIZIO IDRICO INTEGRATO; LA RIPRESA DELLE COSTRUZIONI IDRAULICHE CON L'UTILIZZO DI MATERIALI D'AVANGUARDIA

Dalla applicazione della legge 36 del 1994 - la c.d. legge Galli - deriveranno, oltre a gradualmente miglioramenti della qualità della vita e dell'ambiente, notevoli investimenti, soprattutto privati, ed una forte ricaduta occupazionale, a suo tempo valutata dall'Istituto AREL di Bologna (facente capo all'onorevole Andreatta) rispettivamente in 100 mila miliardi nel decennio ed in 40 mila unità. A quest'ultimo dato occupazionale sarà da aggiungere l'indotto, stimabile almeno nel doppio.

Purtroppo, a distanza di tre anni dall'entrata in vigore, le nuove norme non trovano ancora pratica applicazione in nessuna parte del territorio nazionale.

Questo forte ritardo, che si è prodotto malgrado le continue pressioni esercitate dalle organizzazioni imprenditoriali private (ANCPL, ANIDA, IRSI) e da quelle pubbliche (Federgasacqua), è stato conseguenza non tanto della obiettiva complessità del processo da porre in atto, ma soprattutto da altri tre concomitanti fattori

1. dalla inerzia dei due governi che hanno preceduto quello attuale nel provvedere alle incombenze di competenza;
2. da non conoscenza, da parte delle amministrazioni coinvolte, dei "percorsi" da seguire;
3. dalle resistenze opposte da coloro che beneficiavano e beneficiano di comode "nicchie", che sono restii ad abbandonare.

Ricordiamo che la legge Galli è imperniata sui sottoindicati principi di base: gestione del servizio idrico in forma integrata e per ambiti territoriali sufficientemente ampi per consentirne l'industrializzazione; trasferimento di tutte le competenze organizzatorie agli enti locali, con contestuale separatezza fra le attività di gestione e di controllo; introduzione di una tariffa unica per ciascun ambito, determinata dai sindaci, riuniti fra loro, compensativa dei costi di gestione, di investimento e dell'equa remunerazione del capitale investito.

Detto ciò, esaminiamo il cammino che rimane da fare perché il nuovo sistema possa andare a regime con i frutti benèfici di cui si è già detto.

#### LE COMPETENZE DEL GOVERNO

Per quanto riguarda le competenze del Governo, il professor Radice, Ministro alla fine del 1994, si era limitato a nominare il "Comitato di vigilanza" e cioè l'organismo di garanzia dell'osservanza dei principi che sono alla base della legge 36.

Il suo successore, professor Baratta, a propria volta, aveva provveduto solo a predisporre i decreti tecnici ex art. 4 della legge, emanati con D.P.R. 4 marzo 1996.

Al Ministro Di Pietro va il merito, durante la sua breve permanenza a Porta Pia, di aver dato uno scossone a tanta pigrizia, provvedendo: all'emanazione del metodo tariffario, cui dovranno attenersi gli enti locali per stabilire la tariffa del servizio; a suscitare da parte del Governo l'emanazione del regolamento per la costituzione delle società miste a maggioranza privata; ad intimare alle regioni inadempienti all'obbligo di legiferare nella materia (all'epoca solo la Toscana ed il Lazio si erano adeguate), il termine del 31 dicembre per mettersi in regola, pena l'attivazione dei poteri sostitutivi stabiliti in seno alla medesima legge 36.

Il nuovo Ministro, professor Costa, in questa materia si è posto decisamente sulle orme del suo predecessore. Già il 2 gennaio convocava le regioni inadempienti - nel frattempo Basilicata, Abruzzo e Piemonte si erano messe in regola - reiterando il preavviso di esercizio dei poteri sostitutivi per quelle amministrazioni che, alla data del 31 marzo p.v., non avessero ancora prodotto la legge di attuazione.

Quanto il Ministro Costa ha fatto è molto importante, ma non risolutivo. Anzitutto, infatti, lo stesso Ministro dei LL.PP., di concerto col Ministro dell'Ambiente, deve emanare un decreto per definire le modalità di concessione della gestione del servizio idrico a soggetti non appartenenti alla pubblica amministrazione.

Il Ministro deve inoltre essere consapevole che le leggi regionali già in vigore, come anche quelle in itinere, si limitano a delimitare gli ambiti territoriali ottimali di gestione ed a dettare le regole per la cooperazione fra gli enti locali ricadenti in ciascun ambito, vale a dire per la costituzione delle c.d. Autorità d'ambito.

Affinché le Autorità d'ambito, una volta costituite, possano però organizzare il servizio ed affidarlo al nuovo gestore unico, è necessario che ciascuna regione provveda ad adottare una convenzione tipo - con le norme per la salvaguardia degli organismi esistenti - modello per la definizione delle singole convenzioni di gestione; a provvedere con legge al trasferimento al nuovo gestore del personale già adibito ai servizi idrici; a fornire alle Autorità d'ambito criteri ed indirizzi per il censimento delle infrastrutture esistenti e per la predisposizione del programma degli interventi necessari per ottimizzare gradualmente il servizio.

E' opinione di chi scrive che il Ministero dei LL.PP., nello svolgimento dell'attività di sostegno alle regioni che il Ministro Costa ha reiteratamente promesso, debba agevolare questi ultimi adempimenti.

#### LE COMPETENZE DELLE REGIONI E DELLE AUTORITA' D'AMBITO

Al momento sono otto le regioni dove le prime norme attuative della Galli sono entrate in vigore.

. TOSCANA - La Giunta regionale ha approvato la convenzione tipo, le norme per la salvaguardia degli organismi esistenti, il manuale per la ricognizione e le disposizioni per il trasferimento del personale. In quattro dei sei ambiti delimitati, le Autorità d'ambito si sono dotate dell'organismo direttivo e sono quindi in grado di iniziare l'organizzazione del servizio.

Per i due restanti ambiti, in ritardo, non è da escludere l'intervento della regione a mezzo di un Commissario ad acta.

E' lecito prevedere che in tutti o quasi tutti gli ambiti verrà prescelta la gestione a mezzo di società mista a prevalente capitale pubblico locale.

- . LAZIO - Anche il Lazio ha approvato, mediante delibere di Giunta, tutte le norme aggiuntive alla delimitazione degli ambiti. Le Autorità d'ambito si sono costituite ed hanno prescelto la forma di gestione:
  - 3 ambiti - Rieti, Viterbo e Roma - società mista;
  - Frosinone e Latina hanno optato per la concessione a privati.
- . BASILICATA - La legge è stata pubblicata e di essa il Comitato di vigilanza ha dato giudizio positivo.
- . ABRUZZO e PIEMONTE - Le rispettive leggi, viste dal Governo, sono state pubblicate; di esse il Comitato di vigilanza ha dato giudizio fortemente negativo.

La legge piemontese prevede, infatti, la pluralità dei soggetti gestori e il conseguente rinvio dell'applicazione della tariffa, dove vi sia tale pluralità, fino a dieci anni.

La legge della regione Abruzzo ha disegnato gli ambiti territoriali sui vecchi consorzi intercomunali, la cui dimensione è troppo modesta per favorire una gestione industriale. Ma soprattutto fa confusione tra chi deve controllare e chi deve gestire e applicare la tariffa.

- . MARCHE, MOLISE e PUGLIA: hanno approvato nei rispettivi Consigli le leggi di attuazione degli articoli 8 e 9 della legge Galli, che sono al momento al visto del Governo.

Quanto alle restanti dodici regioni:

- . in sei di esse le Giunte hanno approvato, e trasmesso al Consiglio, il d.d.l. (Calabria, Emilia Romagna, Friuli, Liguria, Umbria, Veneto).
- . le altre sei regioni o hanno elaborato uno schema di d.d.l. o si accingono a farlo (Campania, Lombardia, Sardegna, Sicilia, Trentino, Valle d'Aosta).

Si deve segnalare inoltre che il sistema bancario (v. ad es. Europrogetti & Finanza SpA) si sta organizzando per il sostegno alle Autorità d'ambito nella fase di organizzazione del servizio.

## I PROGETTI E LE REALIZZAZIONI

Quando il nuovo sistema sarà andato a regime, quali saranno le ricadute nel mondo dell'imprenditoria legata alle gestioni e costruzioni idrauliche ed in particolare per gli studi di ingegneria e per i fornitori di materiali?

In ciascun Ambito (ATO) le province ed i comuni che vi sono compresi, riuniti in "consorzio di funzioni" o mediante "convenzione" (la c.d. Autorità d'ambito), organizzano il servizio idrico "integrato" (vale a dire la provvista e la distribuzione della risorsa, il collettamento fognario e la depurazione dei reflui) ed a tal fine:

- provvedono alla ricognizione delle infrastrutture esistenti;
- redigono un programma degli interventi finalizzati alla progressiva ottimizzazione del servizio;
- determinano le tariffe da applicare all'utenza, in maniera che la tariffa media assicuri la copertura integrale dei costi di investimento e di esercizio;
- deliberano la forma di gestione del servizio, scegliendola fra le tre consentite dalla legge 36: azienda speciale, società mista, concessione a privati;
- provvedono all'affidamento del servizio idrico integrato al nuovo gestore, che sarà - di regola - unico per ciascun ambito (anche se, per un certo numero di anni, si troverà a "convivere" con le gestioni pubbliche salvaguardate e con quelle private derivanti da concessioni che erano in essere al 3.2.1994, data di entrata in vigore della legge 36).

Queste complesse procedure in qualche caso sono ormai avviate (Toscana e Lazio) anche perché le regioni, nel frattempo, hanno predisposto o stanno predisponendo gli ulteriori atti di propria competenza; essenzialmente:

- norme di indirizzo per l'organizzazione del servizio idrico integrato, comprensive della "convenzione tipo di gestione" e della "disciplina" per il trasferimento del personale dalle gestioni che vengono a cessare a quella che subentrerà;
- metodologia per la ricognizione delle opere esistenti.

La parola passa quindi alle "Autorità d'ambito", cui, come si è visto, compete l'organizzazione del nuovo sistema e la scelta del nuovo gestore. Proprio su quest'ultimo punto, gli orientamenti sembrano decisi: scartata la anacronistica "Azienda speciale" (quelle esistenti vanno mano a mano trasformandosi in società per azioni, mentre quelle

che sceglieranno di essere "salvaguardate" in pratica si suicidano, perché la salvaguardia sarà limitata a pochi anni) e risultando a volte non del tutto adeguato alla sensibilità socio-politica locale l'affidamento in concessione a privati, la scelta si sta per lo più orientando sulle società miste pubblico/privato e, fra queste, specificamente anche su quelle a maggioranza pubblica, regolate dall'art. 22.3.e della legge sulle autonomie locali (L. 142/90).

Gestire il servizio idrico a mezzo di società mista significa che gli enti locali - e cioè la "Autorità d'ambito" - individuano uno o più imprenditori privati del settore, selezionati (mediante procedure trasparenti e motivate) fra soggetti che possiedono idonei requisiti tecnico - finanziari.

Con essi costituiscono una società, cui viene affidata la gestione nell'ambito ed a cui spetta il coordinamento delle eventuali "sottostanti" gestioni salvaguardate e preesistenti.

Prioritariamente però l'Autorità d'ambito deve redigere il programma degli interventi, perché anche la realizzazione di esso rientra fra le competenze da assegnare al gestore.

Questi interventi consistono essenzialmente nella manutenzione e nell'integrazione delle infrastrutture esistenti. Si tratta quindi, fin d'ora, di definire i ripristini delle opere che ne presentino necessità, e, nel contempo, di progettare le opere necessarie a migliorare il servizio, quanto meno fino ai livelli minimi definiti col D.P.C.M. 4.3.1996.

La fase progettuale tecnica di questo programma di interventi dovrà essere spinta almeno a livello "bancabile", perché il programma stesso deve essere corredato dal relativo piano finanziario, indicante in particolare le risorse disponibili e da reperire.

E' presumibile quindi che le Autorità d'ambito si rivolgeranno a società di ingegneria per la tempestiva e migliore progettazione di quanto necessario. A tal fine avranno a disposizione il fondo di dotazione, sottoscritto dai comuni, ma potranno in alternativa avvalersi del sostegno di advisor opportunamente scelti ed incaricati.

Dopo l'affidamento della gestione del servizio idrico integrato nell'ATO, toccherà al nuovo gestore perfezionare le progettazioni contenute nel programma degli interventi in progettazioni costruttive, nonché nominare la direzione dei lavori, ovviamente impegnando a tali fini proprie disponibilità finanziarie.

Va ricordato inoltre che rientra nelle competenze dell'Autorità d'ambito l'aggiornamento periodico del programma degli interventi (e del piano finanziario), sulla scorta di una specifica attività di controllo di gestione e di qualità. Le risorse finanziarie per procedere a queste operazioni saranno rese disponibili mediante l'imposizione di canoni gravanti a carico del Gestore per l'uso delle infrastrutture del servizio.

Dal meccanismo sopradetto si evidenzia la imminente nascita di un nuovo "mercato", quello dei servizi idrici integrati, basato sull'acqua, non più concepita quale dono naturale inesauribile, ma come bene da gestire ed utilizzare con criteri di imprenditorialità e con una metodologia tecnologica sempre più all'avanguardia.

Come già detto, secondo stime abbastanza concordi, provenienti dal Parlamento e da settori pubblici e privati, gli investimenti che verranno movimentati nei prossimi 12 - 15 anni saranno dell'ordine di 100.000 miliardi (la metà circa solo per l'attuazione della direttiva 91/271/CEE sui reflui urbani).

La struttura del gestore, sia a mezzo di "società mista" che mediante "concessione" (rectius "appalto di servizio pubblico"), col superamento del dualismo costruttore-gestore indurrà all'impiego di raffinate tecniche progettistiche dei materiali più avanzati.

Resta compito dei fabbricanti far conoscere all'ATO ed ai suoi progettisti le novità sul mercato, collaborando per le scelte più opportune.

Le premesse ci sono.



**NiDI**  
Nickel  
Development  
Institute

\*\*\*\*\*

**Dr. Ing. Walter Giordani**  
Direttore Generale ASM  
Azienda Servizi Municipalizzati, Rovereto  
**Dr. Ing. Guido Zanovello**  
Studio Altieri, Thiene

**IL SISTEMA ACQUEDOTTISTICO DI ROVERETO:  
RECENTI ESPERIENZE CON ACCIAI INOSSIDABILI**

Relazione presentata al convegno:  
"Gli acciai inossidabili e l'acqua potabile"  
Aspetti sanitari, tecnici e normativi degli impianti

*Organizzato dal Centro Inox e dal NiDI*

*Milano, 10 aprile 1997*

# GLI ACCIAI INOSSIDABILI E L'ACQUA POTABILE

Milano, 10 aprile 1997

## **Il sistema acquedottistico di Rovereto: recenti esperienze con acciai inossidabili**

Walter Giordani (\*) - Guido Zanovello (\*\*)

### *Sommario:*

<b>1. Introduzione</b>	<b>2</b>
<b>2. Schema generale del progetto del nuovo acquedotto</b>	<b>2</b>
2.1. <i>Prospettive di sviluppo</i>	5
<b>3. Le applicazioni dell'acciaio inossidabile nel nuovo acquedotto</b>	<b>7</b>
3.1. <i>Il rivestimento della galleria di adduzione-accumulo con lamierino di acciaio inossidabile</i>	7
<b>4. Il progetto di restauro della vecchia canaletta di adduzione con l'impiego di acciaio inossidabile</b>	<b>10</b>
4.1. <i>Ipotesi di soluzione</i>	11

(\*) Direttore Generale ASM (Rovereto-TN)

(\*\*) Dirigente tecnico Studio Altieri (Thiene-VI)

## **1. Introduzione**

Il tema del convegno richiama le prospettive di rinnovamento e ammodernamento delle strutture acquedottistiche italiane aperte dalla applicazione della L.36/94. Caratteristiche di tali operazioni saranno l'affidabilità intrinseca e di sistema e la lunga vita tecnica delle nuove opere; infatti gli investimenti consistenti che ne deriveranno dovranno essere bilanciati da una lunga durata di ammortamento, per non gravare eccessivamente sulle tariffe.

Il caso dell'acquedotto di Rovereto è emblematico ed anticipatore di questi criteri fin dal secolo scorso.

Il vecchio acquedotto di Rovereto fu costruito infatti a metà dell'800 con materiali di lunga durata (lastre di pietra tagliata) e con sistemi costruttivi di buona affidabilità per allora (il tracciato corre a mezza costa in una canaletta a pelo libero interrata e coperta), tanto che esso ha svolto egregiamente e a basso costo di esercizio la sua funzione fino a pochi anni fa.

Il nuovo acquedotto non poteva non essere coerente con questa tradizione, per cui è stato progettato con elementi ad alta affidabilità intrinseca e con materiali durevoli, fra i quali hanno avuto larga applicazione la ghisa sferoidale e l'acciaio inossidabile.

Del resto il particolare pregio della fonte principale di alimentazione, la sorgente di Spino, è degno di una adeguata considerazione nelle fasi di adduzione e regolazione dell'acqua al bacino di utenza. Si tratta infatti di una sorgente carsica ubicata in una posizione particolarmente favorevole, con una portata costante e considerevole, con acqua di elevata qualità, confermata dal continuo monitoraggio di oltre un secolo.

Nelle note che seguono viene riportata una breve descrizione del progetto del nuovo acquedotto, il resoconto di una applicazione particolare dell'acciaio inossidabile realizzata, e di un'altra applicazione di cui si sta studiando la fattibilità.

## **2. Schema generale del progetto del nuovo acquedotto**

L'ASM (Azienda Servizi Municipalizzati di Rovereto) nel 1980 ha ricevuto in consegna un acquedotto costruito in gran parte nel secolo scorso con soluzioni lungimiranti, ma ormai afflitto da notevoli problemi.

Il primo problema era costituito dall'unicità della fonte di alimentazione, la sorgente Spino, che, pur essendo una risorsa di qualità irripetibile (tab.1), è pur sempre unica e non del tutto invulnerabile.

Tab.1: Analisi chimica dell'acqua della sorgente Spino (Rovereto)

parametro	unità misura	valore
temperatura	°C	7,9
pH		7,8
cond. elettrica	µS/cm	231
residuo fisso	mg/l	122
durezza totale	°F	12,4
calcio (Ca <sup>++</sup> )	mg/l	36,9
magnesio (Mg <sup>++</sup> )	mg/l	10,9
cloruri (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	0,6
solfati (SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> )	mg/l	10,9
ammoniaca (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	ass.
nitriti (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	ass.
nitriti (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	1,4
fosfati (PO <sub>4</sub> <sup>--</sup> )	mg/l	ass.
silice (SiO <sub>2</sub> )	mg/l	1,8
sostanza organica	mg/l	tracce

Infatti la natura del bacino di ricarica è carsica, e comprende un grande serbatoio naturale sotterraneo; la sorgente però è soggetta periodicamente a magre idrologiche prolungate e a improvvisi picchi di torbidità.

Gli altri limiti dell'acquedotto in esercizio fino al 1983 erano, oltre all'esposizione alle magre idrologiche, accentuatesi negli ultimi anni (la portata può scendere fino a 330 l/s ogni 50 anni):

- unicità del sistema di adduzione alla rete cittadina, in canaletta in pietra, coperta, ma a pelo libero;
- scarsa difesa dall'inquinamento per la vulnerabilità della canaletta, che ormai si trova su un percorso minacciato dal traffico;
- serbatoio di compenso di piccole dimensioni (volume pari al 2% del consumo giornaliero);
- rete di distribuzione ormai vecchia, costituita da tubazioni di piccolo diametro non più adeguate a soddisfare i fabbisogni di punta (che arrivano fino a 650 l/s), con forti perdite di carico, disposte a maglia aperta senza interconnessioni significative, con problemi di pressione e di erogazione nelle aree periferiche;
- problemi pratici di manutenzione per la mancanza di elementi di riserva sia nell'adduzione, che nella distribuzione.

Vi erano quindi problemi di esercizio quotidiano, ma anche carenze di approvvigionamento, come si vede confrontando la portata della sorgente Spino (che può scendere a 330 l/s) con il fabbisogno di punta (che può arrivare a 650 l/s),

scarsamente compensato dal piccolo serbatoio; la probabilità di approvvigionamento sufficiente era del 93% (quindi con crisi potenziali ogni 16 anni).

Lo schema elementare del vecchio acquedotto del 1844 (una canaletta di adduzione, un serbatoio di carico, una rete minuta di distribuzione, realizzato secondo il progetto Gasperini del 1838) è stato trasformato negli anni '80 in un sistema acquedottistico di ampio respiro, in cui hanno trovato accentuata applicazione i principi fondamentali di ottimizzazione acquedottistica.

Tra gli altri possono essere ricordati i seguenti obiettivi:

- elevata affidabilità del sistema (a mezzo della moltiplicazione di fonti e linee, di adeguate riserve di produzione, di grandi serbatoi di regolazione, di soluzioni tecniche ad elevata affidabilità intrinseca);
- integrazione ottimale delle fonti mediante l'accoppiamento di sorgenti e falde a comportamento produttivo e qualitativo complementare;
- elevata efficacia operativa della manipolazione idrica ottenuta abbinando la semplicità con l'elasticità di esercizio;
- elevata efficienza energetica del sistema idrico a gravità mediante accorgimenti di risparmio e produzione di energia.

La soluzione tecnica che è stata studiata per soddisfare questi obiettivi è composta essenzialmente da tre elementi semplici, integrati nel vecchio acquedotto, che non lo sostituiscono, ma lo valorizzano, e cioè:

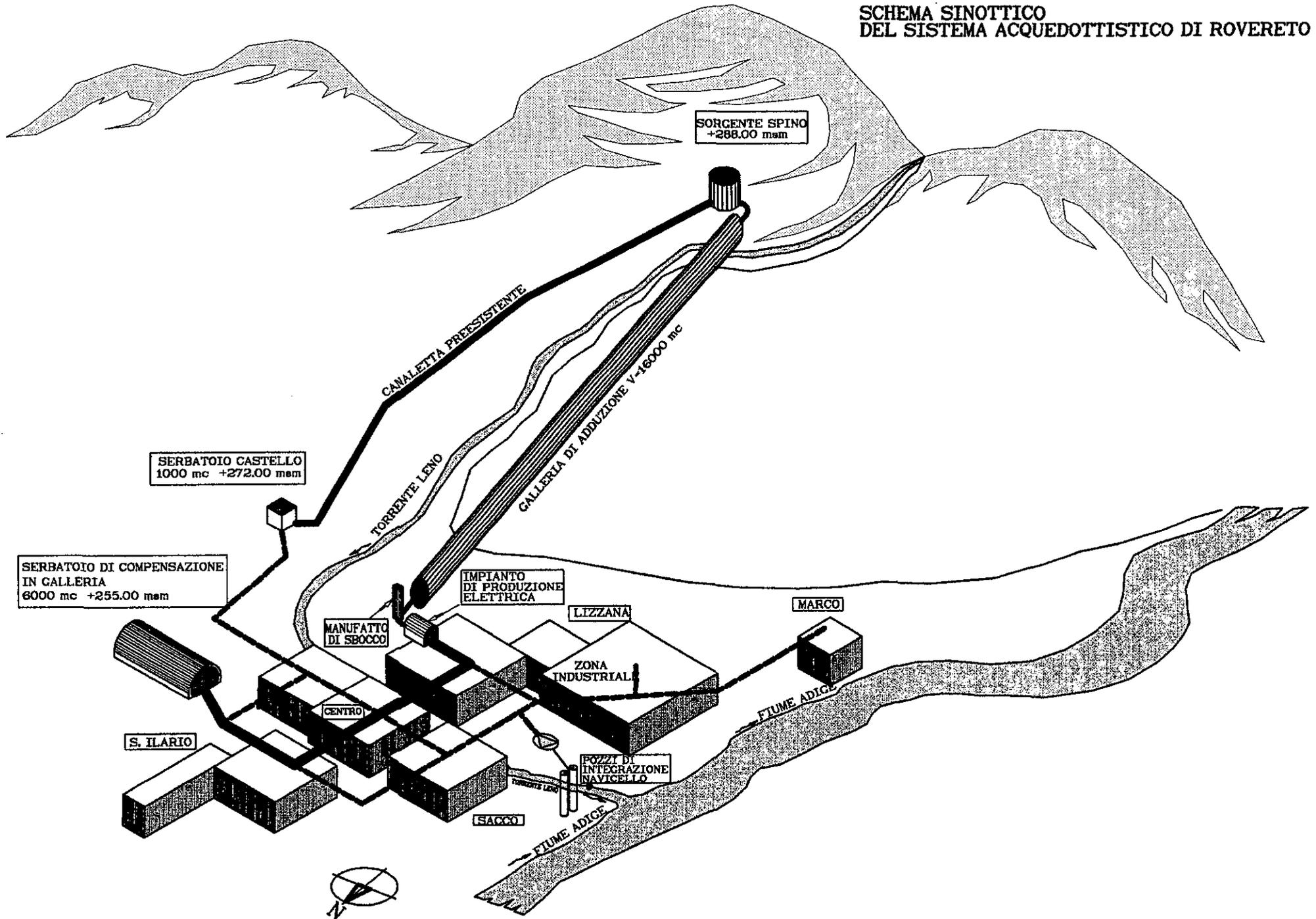
- un secondo grande acquedotto con trasporto e accumulo combinato in galleria dalla sorgente Spino alla città;
- una grande condotta a semianello avente elevate capacità di trasporto e di equilibrio della pressione grazie ad un grande serbatoio terminale, che agisce come un polmone bilanciatore;
- un centro di produzione da falde sotterranee che alimenta il predetto semianello; esso può erogare fino a 300 l/s, pari a circa la metà del fabbisogno massimo.

Le indagini specialistiche e gli studi di ottimizzazione hanno portato alla configurazione rappresentata sinteticamente nello schema sinottico di fig. 1.

Gli elementi principali del sistema sono: la galleria di adduzione-accumulo lunga 3052 m, realizzata con fresa, del diametro finito medio di 2,65 m, con un volume utile di 16.000 m<sup>3</sup>; il serbatoio di compenso da 6.000 m<sup>3</sup> all'estremità nord della rete realizzato in caverna con tecniche di scavo tradizionali con sezione autostradale 7,30x10,10x125 m.

E' interessante notare che con un volume complessivo di accumulo di 22.000 m<sup>3</sup> (metà del consumo massimo giornaliero), gestito come invaso di regolazione plurigiornaliera, si beneficia di una riserva aggiuntiva corrispondente a una portata virtuale di 50-100 l/s, a seconda della stagione.

Fig. 1  
SCHEMA SINOTTICO  
DEL SISTEMA ACQUEDOTTISTICO DI ROVERETO



I quattro pozzi di integrazione dalle falde di Navicello sono stati perforati in tre falde diverse, da cui attingono separatamente; i più profondi raggiungono il substrato roccioso a oltre 180 m di profondità.

Le opere sono state realizzate nell'arco di un decennio nella seguente sequenza:

piano programma con la configurazione generale del nuovo acquedotto	1980
studi geologici e idrogeologici e progetti esecutivi	1980-1986
esecuzione 1° lotto (serbatoio in galleria e parte della rete)	1981-1983
esecuzione 2° lotto (galleria di II° adduzione e pozzi)	1987-1990

## 2.1. Prospettive di sviluppo

Il fabbisogno in acqua potabile della città di Rovereto, secondo gli strumenti di pianificazione provinciali, è di 451 l/s. Su questo valore è stato progettato il nuovo acquedotto.

Le fonti producono da 330 a 910 l/s dalla sola sorgente Spino, con una media di 638 l/s e una minima quinquennale di 465 l/s, oltre a 300 l/s dai pozzi Navicello. Poiché il fabbisogno è valutato per il giorno di massimo consumo l'approvvigionamento idrico risulta dunque garantito per il resto dell'anno con ampi margini.

Nell'ultimo decennio i consumi civili e assimilati dell'acquedotto di Rovereto sono però diminuiti in maniera significativa, pur mantenendo una percentuale elevata di perdite di rete. Questo fatto probabilmente è in relazione con la riduzione dei prelievi senza contatore e con l'incremento delle tariffe. E' legato anche al trasferimento in zona industriale di alcune aziende.

Il volume immesso in rete è dunque diminuito da 13 a 9,5 milioni di m<sup>3</sup>/anno (da 412 a 301 l/s), e parallelamente è diminuito il consumo effettivo da circa 7,5 a 6,5 milioni di m<sup>3</sup>/anno (da 238 a 206 l/s).

Il consumo per uso domestico è calato di circa il 15% e si attesta ora su circa 220 l/ab giorno. Di oltre il 20% è calato invece il consumo per altri usi (che peraltro incidono ancora per circa altri 220 l/ab giorno).

E' presumibile che il fabbisogno medio dell'acquedotto civile possa ulteriormente scendere fino a 8,5 milioni di m<sup>3</sup>/anno (270 l/s), in particolare per effetto del risanamento della rete di distribuzione, riducendo la percentuale di perdite e consumi non contabilizzati al 20-25% massimo.

Nel giugno 1993 è stata svolta, da parte dell'ASM, una indagine diretta presso gli utilizzatori di acqua industriale con approvvigionamento autonomo per verificare l'effettiva domanda di acqua attuale e prevedibile futura per i diversi usi, e gli standard di qualità richiesti.

Il consumo complessivo di acqua industriale si avvicina ai 12 milioni di m<sup>3</sup>/anno con una portata media giornaliera di 540 l/s. Il 90% di questo volume (483 l/s) viene utilizzato all'interno dell'area industriale, e quasi tutto da 4 grandi utenti. Gli utenti stimano nel 10% il possibile incremento futuro di fabbisogno.

L'acqua è usata principalmente per raffreddamento (oltre il 90% del volume complessivo) con prelievo diretto dal sottosuolo mediante almeno 13 sistemi di pozzi. Gli usi civili, con prelievo dall'acquedotto pubblico, sono dell'ordine di 30.000 m<sup>3</sup>/a. Quelli di processo sono limitati a 5 aziende e non superano i 100.000-200.000 m<sup>3</sup>/a.

Vi è una forte necessità per usi antincendio, con portate unitarie fra 10 e 60 l/s. La somma delle richieste delle 13 aziende che hanno manifestato questa necessità arriva a oltre 270 l/s.

Non sono richiesti standard qualitativi particolari. Sono ovviamente gradite acque a bassa temperatura.

Il fabbisogno per usi civili e assimilati dei comuni di fondovalle limitrofi (22.000 abitanti) è di 2.500.000 m<sup>3</sup>/a, con punte di 117 l/s.

Ora, le opere recentemente realizzate attribuiscono all'acquedotto di Rovereto una probabilità di buon funzionamento globale annuo (affidabilità) del 99,6% con fallibilità quindi dello 0,4% ovvero con frequenza di disservizio di una volta ogni 250 anni.

Questo fatto, la forte capacità di produzione idrica raggiunta, la progressiva riduzione dei consumi civili per effetto del recupero delle perdite, permettono oggi all'ASM di avviare diverse iniziative di espansione dell'acquedotto con prospettive di ulteriore miglioramento del bilancio economico.

Tali iniziative sono:

- l'estensione del servizio alla zona industriale con apposita rete per usi industriali dell'acqua; essa è tecnicamente ed economicamente possibile; verrebbero così utilizzate produzioni stagionalmente in eccesso dell'acqua di sorgente; soprattutto verrebbe evitato lo sfruttamento eccessivo della falda idrica nell'area industriale;
- l'integrazione dell'acquedotto di Rovereto in un acquedotto comprensoriale di fondovalle dell'Adige, che comprende un'utenza che va da un minimo di 55.000 abitanti, con un consumo di 12 milioni di m<sup>3</sup>/anno, a un massimo di oltre 150.000 abitanti (nel caso di integrazione con l'acquedotto di Trento), con un consumo di 30 milioni di m<sup>3</sup>/anno.

L'acquedotto industriale e quello comprensoriale vanno coordinati e integrati con quello urbano con l'obiettivo di migliorare il coefficiente di utilizzazione delle sue strutture.

Il maggiore vantaggio sarà la riduzione dei costi fissi legati all'affidabilità dell'acquedotto civile (cioè della ridondanza della portata producibile da diverse fonti), i cui investimenti potranno essere attribuiti in parte a un'utenza più vasta.

### **3. Le applicazioni dell'acciaio inossidabile nel nuovo acquedotto**

Nell'ambito dei recenti lavori di ristrutturazione e sviluppo dell'acquedotto di Rovereto l'acciaio inossidabile ha trovato impiego in varie applicazioni.

Alcune di queste possono essere considerate ordinarie e riguardano soprattutto carpenterie metalliche, tubazioni e raccordi in cui l'acciaio inossidabile ha essenzialmente lo scopo di semplificare le manutenzioni e allungare i tempi di rinnovo delle attrezzature. Tali applicazioni minori sono riferite a:

- tubazioni DN 80-500 all'interno di sorgenti, serbatoi, camere di manovra
- porte stagne per gallerie e serbatoi
- paratoie e setti sfioranti in sorgenti e gallerie
- testate di pozzi flangiate
- parapetti e scale a pioli
- porte di accesso a sorgenti, con rivestimento esterno in legno.

Un'applicazione un po' particolare riguarda invece il rivestimento della galleria di seconda adduzione, sia per le funzioni richieste al lamierino utilizzato, sia per la tecnica di costruzione.

#### **3.1. Il rivestimento della galleria di adduzione-accumulo con lamierino di acciaio inossidabile**

Il tracciato della galleria di adduzione alternativa alla canaletta di Spino attraversa una montagna formata da calcari di Noriglio e dolomia; sono formazioni di natura compatta, ma con la presenza di numerose faglie. (fig.2)

Sono state eseguite approfondite indagini geologiche che hanno messo in evidenza una debole circolazione d'acqua nella roccia, con uscita da alcune piccole sorgenti in quota. In base a tali studi si è stimato che la pressione dell'acqua sul tetto della galleria possa raggiungere nella parte centrale anche 30 bar, in condizioni di forti afflussi di pioggia.

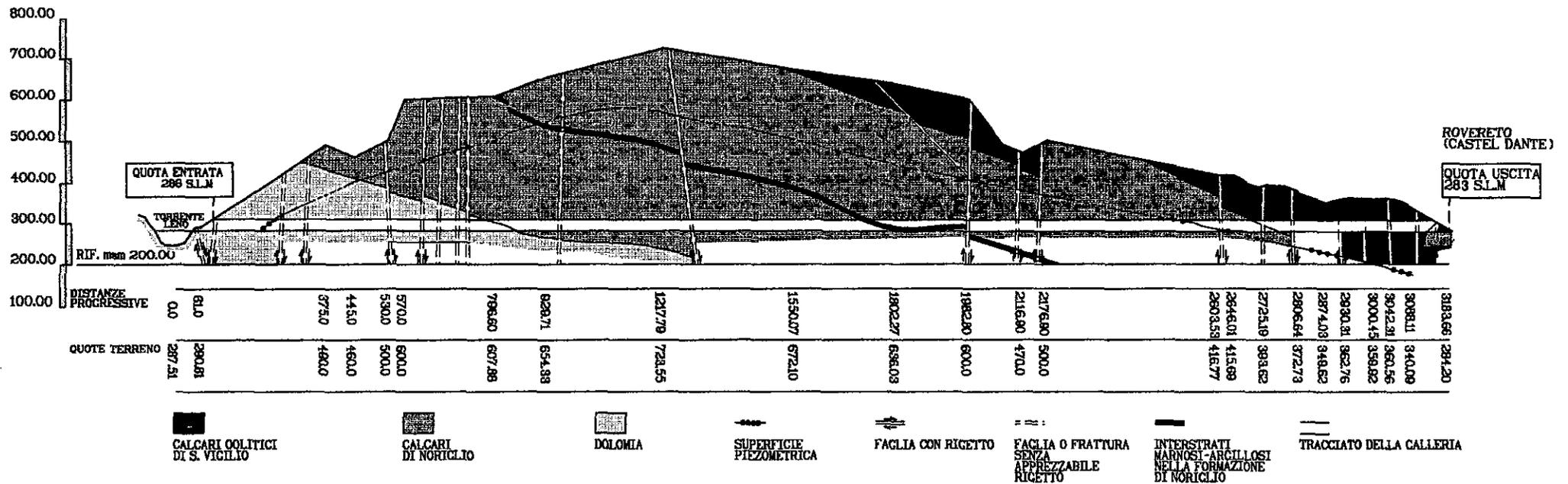
Il tipo di roccia e la dimensione della galleria (lunghezza > 3000 m, diametro di scavo 3,60 m) ben si prestavano allo scavo mediante fresa semovente. E infatti lo scavo è stato effettuato con tale mezzo. Le venute d'acqua sono state ben individuate (quasi sempre in corrispondenza di faglie), controllate e incanalate in una rigola ricavata nel prefabbricato di supporto dei binari di avanzamento.

La successiva operazione di rivestimento della galleria doveva soddisfare a due requisiti essenziali:

- garanzia di protezione igienica nei confronti di possibili entrate d'acqua esterne,

# Fig. 2

## SEZIONE GEOLOGICA DELLA GALLERIA DI ADDUZIONE DA SPINO



- impermeabilità assoluta per ripristinare la superficie piezometrica, potenzialmente ad alta pressione, presente nella formazione rocciosa.

Ovviamente la tecnica di rivestimento utilizzata doveva garantire una durata di tali requisiti paragonabile con la vita tecnica dell'opera, ovvero almeno 100 anni.

Sono state dunque scartate le soluzioni di impermeabilizzazione con fogli di materie plastiche, che si troverebbero fra l'altro a lavorare in condizioni di pressione proibitive, e si è optato per il lamierino di acciaio inossidabile, applicato con una variante della tecnica "Kieser".

Tale tecnica, detta "Kieser" dal nome dell'ingegnere che la sviluppò alcuni decenni orsono, è una collaudata tecnica di post-compressione per gallerie in conglomerato cementizio. Il sistema originario venne ideato principalmente per consentire la impermeabilizzazione di gallerie rivestite in campo idroelettrico: dopo l'esecuzione dello scavo con i sistemi tradizionali (all'epoca gli unici disponibili) veniva eseguito un primo rivestimento in conglomerato cementizio con sezione cava circolare; il successivo getto del secondo rivestimento (concentrico al precedente) veniva preceduto dalla posa in opera di una lamiera nervata e calandrata con lo scopo di formare una camera di separazione fra i due manufatti; dopo la stagionatura dei getti in calcestruzzo, il nucleo centrale veniva compresso tramite l'iniezione di miscela di cemento ad alta pressione immessa nell'intercapedine formata dalla lamiera fra i due manufatti.

Nel nostro caso nell'applicazione della post-compressione sono state introdotte tre varianti sostanziali rispetto al sistema tradizionale:

- non è stato eseguito il getto preliminare del manufatto contro roccia;
- la lamiera nervata è stata sostituita con una lamiera piana;
- in luogo dell'acciaio al carbonio è stato impiegato acciaio inossidabile AISI 304 di spessore 6/10.

La tecnica di scavo con fresa a piena sezione e la buona compattezza delle formazioni rocciose attraversate ha consentito di ottenere una superficie dello scavo sufficientemente regolare per l'applicazione della lamiera in acciaio direttamente contro roccia e per il contenimento delle iniezioni di miscela cementizia.

Inoltre la superficie regolarmente ondulata realizzata dall'avanzamento della fresa con moto circolare ha consentito la creazione di una sufficiente intercapedine di iniezione con l'impiego di una semplice lamiera piana in luogo della tradizionale lamiera nervata.

L'uso dell'acciaio inossidabile in sostituzione del comune acciaio al carbonio è stato suggerito dall'esigenza di realizzare un'opera di durabilità analoga alla precedente canaletta in pietra e dalla necessità di preservare inalterata la composizione chimico-fisica dell'acqua nel tempo.

Le fasi esecutive sono state:

- a) scavo mediante fresatura su tutta la lunghezza della galleria;

- b) posa contestuale, per consentire la movimentazione su binari dei mezzi di lavoro, di un elemento prefabbricato in calcestruzzo sul fondo della galleria, con una rigola centrale di 55x6 cm per il convogliamento dell'acqua di filtrazione;
- c) applicazione del rivestimento in sommità e alle reni, per circa 3/4 della sezione, con fogli piani di lamierino inox AISI 304 sp. 6/10 di dimensioni circa 1,00x2,00 m, con sovrapposizione semplice di 10-15 cm, chiodati alla superficie grezza della galleria;
- d) posa di una lamiera di acciaio sull'incavo della rigola inferiore per mantenere una sezione di deflusso delle acque di filtrazione in fase di getto del rivestimento (per evitare dilavamenti del calcestruzzo);
- e) lievo dei binari e completamento del rivestimento con fogli in lamierino inox nella parte inferiore della sezione, sopra gli elementi prefabbricati in calcestruzzo;
- f) getto del rivestimento di spessore medio 45 cm in calcestruzzo Rbk 300 kg/cm<sup>2</sup>, con l'impiego di cassaforma mobile;
- g) dopo la prima maturazione del calcestruzzo, foratura del rivestimento sul fondo e intasamento con malta di cemento del canale di deflusso (rigola);
- h) a maturazione del calcestruzzo completata, foratura del rivestimento e iniezioni di miscela di cemento ad alta pressione a tergo del lamierino, in modo da riempire tutte le intercapedini e comprimere i fogli di lamierino contro il rivestimento in calcestruzzo (l'operazione veniva realizzata, per tronchi successivi di 50 m, in due fasi: nella prima fase si iniettava miscela grassa a 7-8 bar per garantire l'intasamento, nella seconda si iniettava miscela più fluida a pressione di 20 bar mantenuta per qualche ora);
- i) sigillatura dei fori di iniezione, e attrezzatura di 5 di essi, previa riperforazione fino a tergo della fascia consolidata, come manometri di controllo della pressione esterna dell'acqua.

Il dettaglio della sezione di galleria e della sequenza del rivestimento è rappresentato in fig. 3.

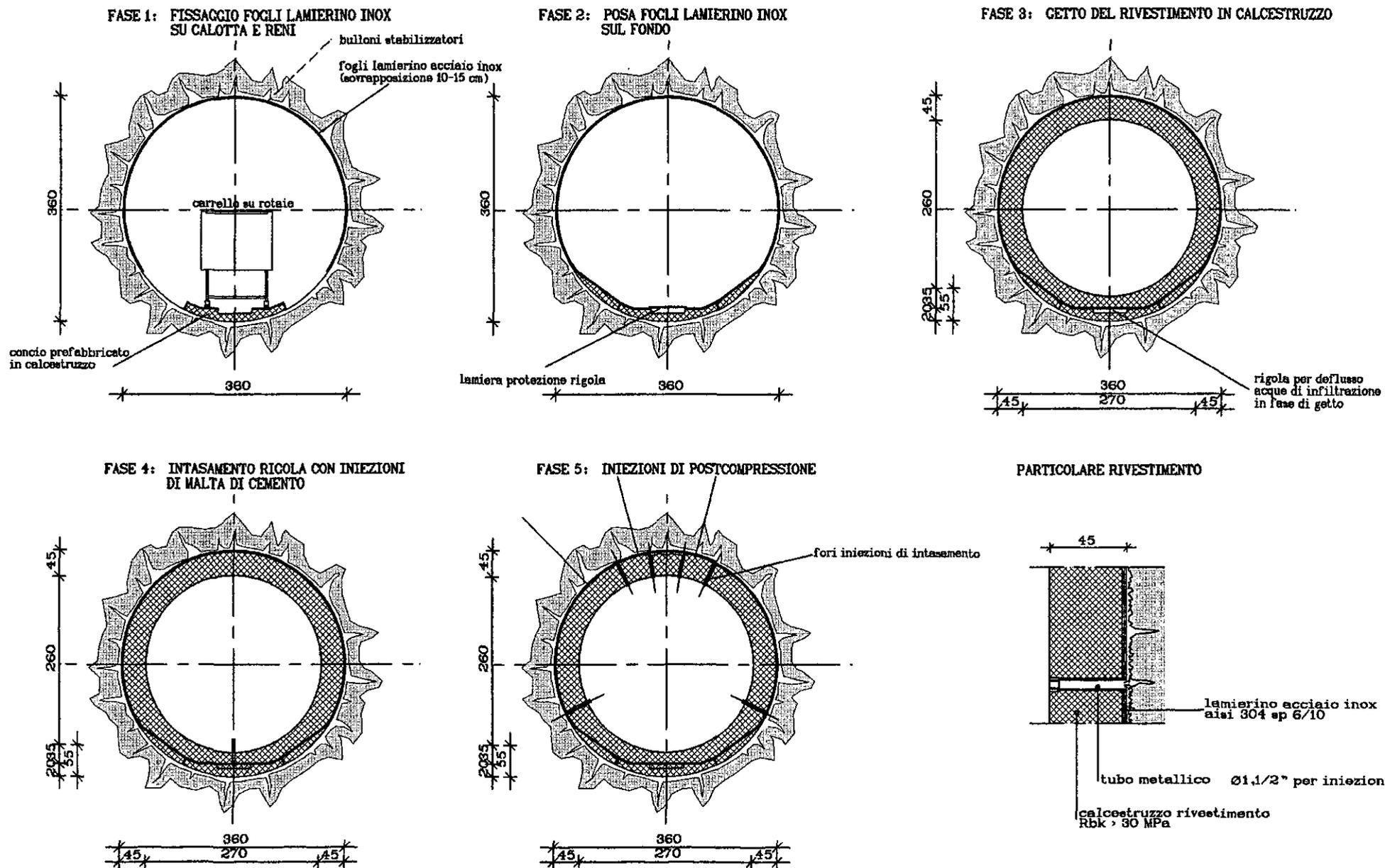
I dati tecnici principali della galleria finita sono:

lunghezza = 3052 metri  
 pendenza = 1 ‰  
 diametro scavo = 3,60 metri  
 diametro medio finito = 2,65 metri  
 volume di scavo in roccia = 31.000 m<sup>3</sup>  
 volume di calcestruzzo di rivestimento = 14.000 m<sup>3</sup>  
 volume utile = 16.800 m<sup>3</sup>  
 quantità di lamierino inox impiegato = 37.000 m<sup>2</sup> (170 t)  
 anno inizio scavo = 1988  
 anno ultimazione galleria = 1990

Il costo finale complessivo della galleria è stato di 12 miliardi di lire (al 1990). L'incidenza del rivestimento in lamierino di acciaio inossidabile è stata di 2,2 miliardi, pari al 18% del costo totale.

Negli anni successivi alla costruzione, nel corso delle annuali operazioni di manutenzione, sono state rilevate le pressioni misurate alle 5 prese per manometri lasciate in galleria (corrispondenti alla superficie piezometrica nel massiccio calcareo). I

**Fig. 3** SEZIONE TIPO DI SCAVO E PARTICOLARI DEL RIVESTIMENTO DELLA GALLERIA DI ADDUZIONE DA SPINO



valori rilevati nell'ultima occasione sono riportati nella tabella seguente, confrontati con la pressione massima potenziale valutata a suo tempo con l'indagine geologica.

Tab. 2: misure di pressione a tergo del rivestimento della galleria (distanze progressive da Spino) effettuate il 23/12/96

distanza progressiva (m)	pressione misurata (bar)	pressione massima potenziale (da indagine geologica)
403	1,4 - 1,5	10
780	4,5	20
885	4,5	25
1125	9,8	30
2515	3,2	4

Si osserva che ovunque sono state rilevate pressioni notevoli, con un massimo di 9,8 bar. A galleria vuota la portata in uscita dalla sezione terminale è stata misurata in 1,33 l/min; rapportata alla superficie della galleria (25.400 m<sup>2</sup>) essa corrisponde a un contributo specifico di 0,07 l/d per m<sup>2</sup>, che si può almeno in parte attribuire alla condensa dell'umidità, presente in galleria con valori del 99%.

Se si associano i dati di pressione molto elevata raggiunta con la modesta portata che esce dalla galleria in fase di manutenzione si può constatare che il requisito di impermeabilità che si voleva ottenere è stato raggiunto.

#### **4. Il progetto di restauro della vecchia canaletta di adduzione con l'impiego di acciaio inossidabile**

Un'altra applicazione del lamierino di acciaio inossidabile in fase di studio riguarda la vecchia canaletta in pietra di Spino.

Il progetto generale prevede in effetti anche il restauro della canaletta, una volta completate le nuove opere. Essa viene pienamente integrata nello schema acquedottistico, con funzioni ordinarie di adduzione per le zone più alte della città (caricamento del serbatoio Castello ed erogazione in località Franco per l'acquedotto di Noriglio), e con funzioni di emergenza per sostituire in caso di necessità l'adduzione in galleria.

Nella prospettiva di una estensione dell'acquedotto di Rovereto la questione del restauro assume poi un particolare rilievo.

La canaletta di adduzione dalla sorgente Spino è un manufatto costruito in lastre di pietra dello spessore di 15 cm circa, con sezione interna di base 0,58-0,60 m e altezza 0,80-1,20 m. Le lastre sono lunghe 1-1,5 m; quelle verticali appoggiano su una lastra di base

con sigillatura in malta di calce; la lastra di chiusura superiore appoggia sui piedritti senza sigillatura.

I caratteri storici del manufatto sono stati conservati pressochè integralmente nel tratto iniziale di circa 2 km parallelo al lago di S.Colombano. Il secondo tronco è stato invece modificato nel tempo in più punti in relazione all'urbanizzazione e alla variazione dello schema di adduzione intervenuta nel primo '900. Il tratto adiacente alla diga è stato sostituito da una galleria artificiale di 91 m, l'attraversamento del Leno di Terragnolo è diventato uno scatolare in cemento armato, il tratto a valle di Franco è stato ricostruito su un tracciato diverso e a minore pendenza per collegarsi al serbatoio Castello edificato solo nel '900.

La canaletta funziona a pelo libero con un dislivello di 17,5 m su una lunghezza di 4.264 m. Si può considerare divisa in due tronchi di caratteristiche omogenee: il tronco iniziale parallelo al lago di S.Colombano dalla sorgente alla diga ha una pendenza media di circa 2,7 m/km su una lunghezza di 2104+91 m; il tronco terminale, lungo 2069 m, ha una pendenza media di circa 5,6 m/km, con tratti che arrivano a 9 m/km.

Il tracciato è tortuoso, con sedi di posa di natura geologica variabile, dai detriti di falda alla roccia calcarea scavata a sezione ristretta.

I principali problemi rilevati sono legati da una parte alla permeabilità del manufatto che permette l'intrusione di radici e di acque contaminate dall'esterno, dall'altra alle sollecitazioni derivanti dal traffico stradale e dall'urbanizzazione nel tronco terminale.

Dal rilievo della situazione igienico-strutturale della canaletta, eseguito nel febbraio 1993 risulta che dei 4264 m della canaletta:

- L = 1532 m hanno problemi strutturali e di rischio di inquinamento
- L = 1532 m sono interessati da intrusione di radici
- L = 1200 m non hanno particolari problemi

#### **4.1. Ipotesi di soluzione**

La ristrutturazione della canaletta dovrà garantire il ricupero di una soddisfacente funzionalità della vecchia linea per una funzione ordinaria di adduzione di portate dell'ordine almeno di 50 - 100 l/s necessarie alle zone alte di Rovereto.

Dovrà però mantenere una funzione di emergenza, ovvero permettere di addurre, in situazioni di crisi o di manutenzione della nuova galleria, la portata massima richiesta dall'acquedotto di Rovereto (620 l/s), o in subordine almeno i 320 l/s di complemento ai 300 l/s assicurati dai pozzi Navicello.

La ristrutturazione dovrà perciò dotare il manufatto di adeguata affidabilità strutturale e di sufficienti garanzie igieniche.

Si dovranno rispettare i caratteri storici del manufatto, per la parte ove questi sono intatti, o mediante restauro o almeno con la conservazione della struttura originale evitando di snaturarla o distruggerla.

Sono state esaminate varie ipotesi di ristrutturazione della canaletta; per ciascuna sono state svolte indagini di mercato per valutarne fattibilità tecnica e costi orientativi.

Alcune di queste prevedono l'uso di acciaio inossidabile. Due di esse consentono di mantenere pressochè integra l'attuale sezione di flusso in modo da permettere l'adduzione dell'intera portata di emergenza senza sollevamenti; esse sono:

- a) restauro conservativo con scoperchiatura, sabbiatura interna e sgaggiatura delle linee di giunzione, stuccatura con malta epossidica e copertura ermetica con lamiera di acciaio inossidabile;
- b) inserimento di condotto scatolare in lamiera di acciaio inossidabile di dimensioni 50x60 cm, di spessore 2 - 2,5 mm in tronchi di 4 - 6 m da saldare in opera, comprendente scoprimo della canaletta e intasamento dell'intercapedine con malta cementizia. (fig. 4)

Un'altra soluzione prevede l'inserimento nella canaletta di condotte circolari di diametro ridotto capaci di addurre senza sollevamenti la sola portata ordinaria, e con modesto sollevamento iniziale la portata minima di emergenza (320 l/s):

- c) inserimento di tubo in lamiera di acciaio inossidabile AISI 316 di spessore 10/10 mm, reso flessibile mediante imbuture 12x6 mm lungo la circonferenza ogni 400 mm, in tronchi saldati lunghi 3 m, previa parziale scoperchiatura della canaletta (fig. 5). Il tubo può avere diametro compreso fra 400 e 450 mm e sopporta una pressione di rottura di 10 atm. Le portate conseguenti sono, per i diametri massimi realizzabili:

$$\text{DN 400 } Q_{\text{ord}} = 140 \text{ l/s a gravità } (I_{\text{min}} = 2.7 \text{ m/km})$$
$$Q_{\text{max}} = 280 \text{ l/s con } H_{\text{sollevamento}} = 30 \text{ m}$$

$$\text{DN 450 } Q_{\text{ord}} = 195 \text{ l/s a gravità } (I_{\text{min}} = 2.7 \text{ m/km})$$
$$Q_{\text{max}} = 390 \text{ l/s con } H_{\text{sollevamento}} = 30 \text{ m}$$

La soluzione con inserimento di tubazioni all'interno della canaletta prevede anche la posa di un tubo drenante sul fondo della canaletta stessa e il suo intasamento con materiale drenante (sabbia e ghiaino) in modo da mantenere l'interno asciutto e quindi inibire l'ingresso di radici; conviene anche porre un telo di geotessuto fra le pareti della canaletta e il materiale drenante, oltre a frequenti scarichi per il controllo delle infiltrazioni.

L'intasamento potrebbe essere realizzato anche con funzione di ancoraggio mediante riempimento parziale con calcestruzzo magro.

Figura 4 : Restauro canaletta di Spino - soluzione B  
Inserimento di scatolare in acciaio inox

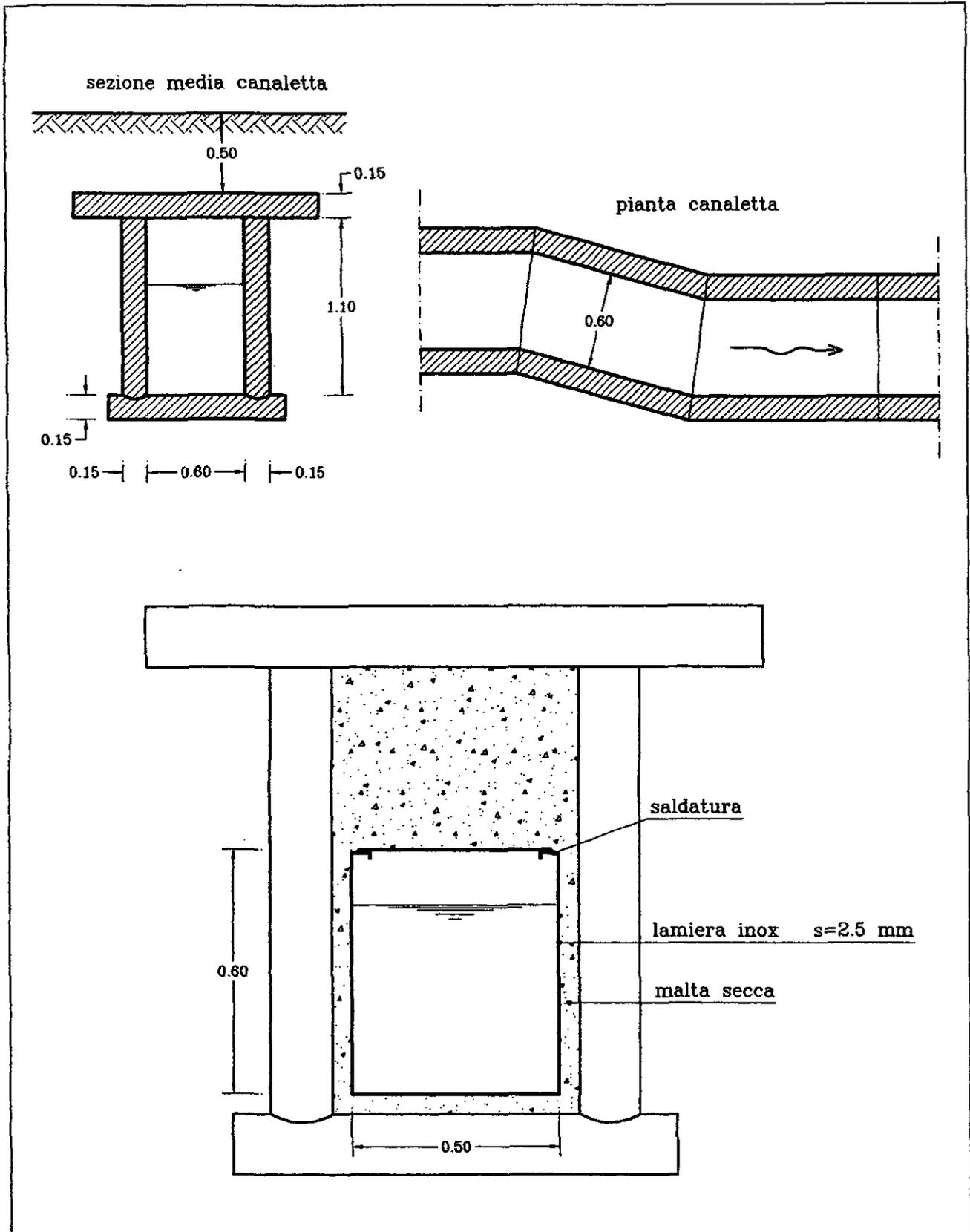
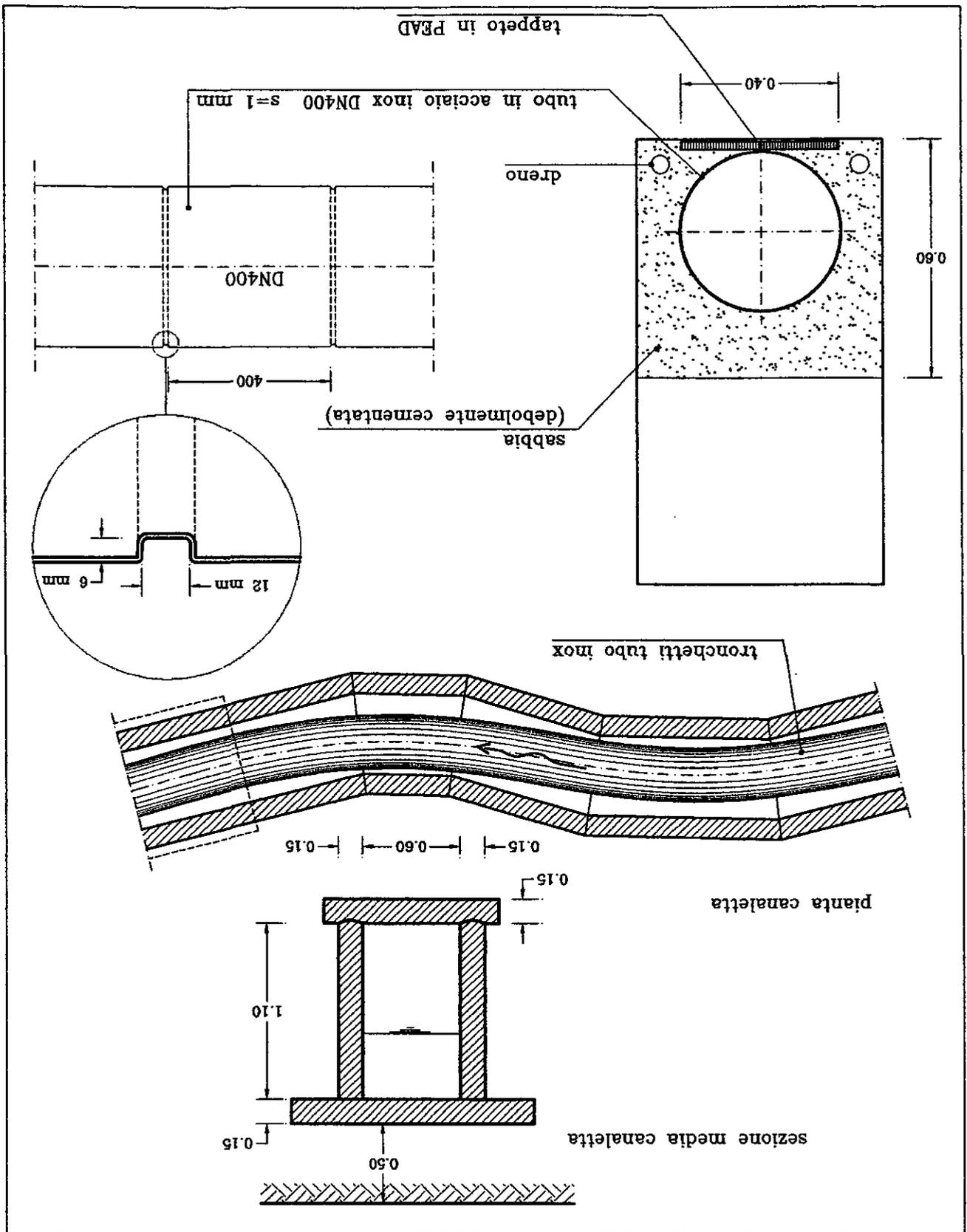


Figura 5 : Restauro canaletta di Spino - soluzione C  
 Inserimento di tubo flessibile in acciaio inox



I costi orientativi (riferiti al 1994, esclusa IVA e spese generali) sono stati stimati in:

681.000 L/m per il restauro  
795.000 L/m per lo scatolare inox  
521.000 L/m per il tubo di acciaio inossidabile

Essi sono paragonabili con i costi delle altre soluzioni di restauro con resine o con posa di tubi in polietilene.

L'esame delle soluzioni possibili ha portato alle seguenti considerazioni.

Il restauro garantisce la conservazione del manufatto e ne aumenta la portata senza manomettere la struttura, ma dà minori garanzie di durabilità e necessita di manutenzione nel tempo; le sollecitazioni esterne o i cedimenti del terreno possono sempre determinare lesioni del manufatto e quindi riproporre gli attuali problemi di infiltrazioni e intrusione di radici.

L'inserimento di un rivestimento interno in lamiera di acciaio inossidabile mantiene anch'esso la portata della canaletta, e anzi permetterebbe di incrementarla assoggettandola a una debole pressione; necessita di un intasamento da eseguire con sabbia debolmente cementata (per non alterare irreversibilmente la natura del manufatto), il che darebbe al manufatto, oltre a una impermeabilità quasi assoluta, una vantaggiosa rigidità strutturale; è necessario peraltro un rigoroso controllo delle saldature. Ha un costo particolarmente elevato.

L'inserimento in canaletta di tubi in lamiera di acciaio inossidabile comporta una diminuzione della sezione utile e quindi della portata convogliabile a gravità; è possibile peraltro incrementare in caso di emergenza la portata sollevandola all'origine; la garanzia igienica è assoluta per l'impermeabilità della tubazione, garantita anche dal ridotto numero di giunti.

Tutte le soluzioni consentono un intervento graduale; per le prime due può essere attuato partendo dai punti critici, anche se distribuiti lungo tutto il percorso; per la terza è necessario partire dal termine della canaletta e risalire lungo il tratto a maggior pendenza, per non diminuire eccessivamente la portata convogliabile, non essendo proponibili impianti di sollevamento intermedi e provvisori, da spostare verso monte al procedere dei lotti esecutivi.

Si potrebbe dunque intervenire con una composizione di tutte le soluzioni, prevedendo per ogni tronco quella che meglio si adatta alle caratteristiche dei luoghi.



**NiDI**  
Nickel  
Development  
Institute

\*\*\*\*\*

**Dr. Ing. Giorgio Maruzzi**  
Responsabile Progettazione  
AMAG Azienda Speciale Acqua e Gas, Padova

**APPLICAZIONI DELL'ACCIAIO INOSSIDABILE NELLA  
IMPERMEABILIZZAZIONE DI ALCUNI SERBATOI  
DELL'ACQUEDOTTO DI PADOVA**

Relazione presentata al convegno:  
"Gli acciai inossidabili e l'acqua potabile"  
Aspetti sanitari, tecnici e normativi degli impianti

*Organizzato dal Centro Inox e dal NiDI*

*Milano, 10 aprile 1997*

**APPLICAZIONI DELL'ACCLIAIO INOSSIDABILE  
NELL'IMPERMEABILIZZAZIONE INTERNA DI ALCUNI SERBATOI  
DELL'ACQUEDOTTO DI PADOVA**

Dott. Ing. G. Maruzzi

Responsabile Ufficio Tecnico AMAG - Padova

***Il sistema acquedottistico della città di Padova***

Il sistema acquedottistico di Padova propriamente detto, ebbe origine nel 1888 quando entrò in esercizio la prima vera adduttrice della città, la "*canaletta*", un manufatto monolitico in calcestruzzo con volta in mattoni, interamente intonacato, delle dimensioni di 0.74 x 1.10 m di altezza, che consentiva e consente tuttora l'adduzione a gravità, a pelo libero, di circa 500 l/s di acqua fino a Padova, prelevandola, mediante pozzi artesiani situati nella zona a nord di Vicenza, dalle ricche falde dell'Astico, subito a valle della linea delle risorgive ai piedi dell'Altopiano di Asiago.

I pozzi che alimentano la *canaletta* (circa 131 pozzi Norton DN60 profondi circa 8-25 m, oltre 3 grandi pozzi DN1000-600 posti ad una profondità di circa 130 m) sono situati principalmente nell'area aziendale di Novoledo in comune di Villaverla (VI), su un'estensione di circa 25 ettari, completamente tutelati contro inquinamenti di origine agricola. L'alimentazione idrica della *canaletta* è integrata lungo il suo tragitto verso Padova, con l'immissione di altri pozzi, DN300 profondi circa 50 m, denominati "Sega", "Paoletti", "Vergani", "Cogo" e "Marconi" oltre che i pozzi DN300 profondi 150 m, denominati "3a", "1a" e "4a".

Nel primo tratto del suo tracciato verso la città, la "*canaletta*" corre parallelamente alla ferrovia Vicenza - Schio, in proprietà privata AMAG, fino alla zona est di Vicenza dove, mediante il manufatto "*partitore*", era prevista, in origine, l'alimentazione idrica anche di questa città. Da qui prosegue lungo la strada statale S.S.11 Vicenza - Padova, lungo il ciglio sinistro, fino al Centro Idrico di Brentelle e Montà, nella zona ovest di Padova.

Per soddisfare i maggiori consumi della città, negli anni 1957-59 fu realizzata la seconda adduzione, ancora dal vicentino per la superiore qualità e quantità dell'acqua, mediante la

costruzione della condotta DN900 in fibro-cemento. Contestualmente alla condotta vennero anche realizzati 22 nuovi pozzi artesiani DN300 terebrati a varia profondità, collegati, mediante "diramazioni" in fibro-cemento di vario diametro, alla nuova centrale di sollevamento di "Anconetta" nella zona nord di Vicenza. Da questa centrale, mediante la condotta DN900 possono essere addotti a Padova circa 600 l/s a gravità e circa 900 l/s mediante sollevamento. Oltre alla centrale di Anconetta, negli anni 80 è stata realizzata anche la centrale di Saviabona, per il trattamento con filtri a carboni attivi di circa la metà dell'acqua prodotta nel Vicentino.

Il tracciato della condotta DN900 è pressoché parallelo alla ferrovia Milano-Venezia e termina nella centrale di Montà prima e Codalunga poi, quest'ultima nel cuore della città. L'accumulo ed il sollevamento delle portate idriche all'interno della città è affidato ai Centri Idrici di Brentelle ( $V=75.000 \text{ m}^3$ ), Montà ( $V= 45.000 \text{ m}^3$ ) e Stanga ( $V=30.000 \text{ m}^3$ ), per un volume totale invasabile di  $150.000 \text{ m}^3$  pari al consumo medio giornaliero della città, mentre a cinque serbatoi pensili aventi volume interno di circa  $2000 \text{ m}^3$  e collegati mediante una grande condotta ad anello attorno alla città agli stessi Centri Idrici, è riservato il compito di compensare la richiesta giornaliera della rete di distribuzione (Codalunga, Bottazzo, Moroni, Palermo, Gramsci) e di permettere una riserva in caso di interruzione di energia elettrica. Presso il Centro Idrico Brentelle è presente anche un impianto per il prelievo e la potabilizzazione di circa 310 l/s di acqua prelevata dall'alveo e dalla superficie del canale Brentella, un canale artificiale realizzato nel 1300 circa per alimentare con l'acqua del fiume Brenta il letto del fiume Bacchiglione, reso asciutto, prima dell'entrata in città, dai vicentini in guerra con i padovani.

Ultima importante caratteristica della struttura acquedottistica di Padova, che dal 1985 serve anche la città di Abano Terme, consiste nell'avanzato stadio realizzativo della nuova adduttrice in acciaio UNI6363 Fe410 di diametro nominale di 1300 mm, per consentire, entro il 1999, il trasporto globale dal vicentino di tutta la portata idrica richiesta dalla città, nonché il completamento dell'Impianto di Saviabona, a nord di Vicenza, per il trattamento con filtri a carbone attivo di tutta la produzione idrica del vicentino.

## ***L'impermeabilizzazione interna dei serbatoi di compensazione di Brentelle con impiego di acciaio inossidabile.***

### ***Tecnologia impiegata e risultati ottenuti.***

Il Centro Idrico di Brentelle, nella zona ovest di Padova, è strutturato per ricevere l'acqua addotta con la canaletta e provvederne l'accumulo ed il successivo sollevamento in rete. Lo svolgimento di queste funzioni è affidato a tre grandi serbatoi di compensazione, ciascuno di volume pari a 25.000 m<sup>3</sup> e alla centrale di sollevamento, suddivisa in due gruppi di pompe con prevalenze diverse, il primo gruppo necessario per riempire i serbatoi, dato che l'acqua arriva con una piezometrica insufficiente allo stoccaggio, il secondo gruppo per il sollevamento in rete.

Presso il C.I.B. è stato realizzato anche l'impianto per la potabilizzazione dell'acqua prelevata dall'alveo e dalla superficie del canale Brentella, impianto capace di una portata complessiva di 310 l/s (150 l/s + 160 l/s) che possono essere invasati nei serbatoi e successivamente sollevati in rete.

I tre serbatoi, denominati S1, S2, S3, furono costruiti a partire dal 1973, e presentano lo schema statico di cilindro reso indipendente dalla fondazione mediante appoggi in neoprene distribuiti sulla platea di base. Il diametro esterno è pari a 41.80 m, l'altezza totale è di 20.00 m di cui 17.00 fuori terra. I serbatoi sono realizzati in calcestruzzo armato precompresso ottenuto mediante la tesatura di spire di filo di acciaio armonico, Ø=4 mm o Ø=5 mm, attorno alla parete esterna. Le spire sono tre: la prima, più interna, estesa a tutta l'altezza di parete, la seconda dalla base a quota +11.63 m, la terza, più esterna, dalla base a quota +5.50 m. Ogni spira interna è protetta mediante uno strato di intonaco cementizio spruzzato avente s=1.5 cm, mentre la spira più esterna è protetta da uno strato di 2 cm di intonaco cementizio spruzzato.

La copertura è basata su 13 travi radiali appoggiate sulle pareti e sulla torre centrale, con sovrapposte piastre rastremate di chiusura.

La tenuta interna tra parete e platea è assicurata da due giunti: un giunto water-stop più interno, inserito nello spessore della parete al momento del getto di calcestruzzo, più un secondo giunto in *Hypalon*, costruito successivamente e fissato alla parete mediante reggette e tasselli a pressione.

La tecnologia impiegata per il getto delle pareti, basata su casseforme rampanti, e l'impiego di calcestruzzi con granulometrie di inerti non ben distribuite, ha creato sin dai primi anni di esercizio dei serbatoi problemi di piccole e medie perdite di acqua affioranti sulla superficie esterna, con pericolo anche di corrosione dei fili di precompressione esterna.

E' stato allora pensato l'intervento di impermeabilizzazione interna dei serbatoi S2 e S3 mediante impiego di un manto in acciaio inossidabile AISI 316, fissato in sommità del serbatoio e saldato sia lateralmente, tra gli elementi contigui, sia alla base, ad un profilo di ancoraggio reso solidale alla parete al di sopra del giunto in Hypalon.

L'intervento è stato progettato e realizzato nelle seguenti fasi:

1. creazione di un profilo di appoggio alla base della parete interna del serbatoio, in acciaio inox AISI 316, ancorato con tasselli a pressione alla parete di calcestruzzo e collaudato in opera con acqua in pressione ( $p = 3$  bar) per impedire il flusso dell'acqua posteriormente al manto di impermeabilizzazione; (diapositive 1-2-3)
2. creazione di un drenaggio spia di acqua di infiltrazione posteriormente al profilo di appoggio;
3. stesa e bordatura a terra delle lamiere inox AISI 316, larghezza 1.5 m e  $s=12/10$  mm, prima dell'innalzamento alla quota di fissaggio; la bordatura ha permesso la creazione del profilo necessario alla successiva saldatura laterale dei fogli; (diapositive 4-5-6-7)
4. fissaggio delle singole lamiere alla sommità della parete del serbatoio, sopra il massimo livello di invaso, mediante reggette e tasselli a pressione, sempre in acciaio inox; (diapositive 8-9)
5. saldatura a filo continuo delle bordature delle lamiere mediante utilizzo di una piattaforma mobile all'interno del serbatoio; (diapositive 10-11)
6. saldatura del lembo inferiore di ciascun foglio al profilo di acciaio inox precedentemente posizionato; (diapositiva 12)
7. collegamento dei drenaggi spia alla base del profilo fino all'esterno del serbatoio, attraverso la condotta di alimentazione del serbatoio; (diapositive 13-14-15-16)

La bordatura delle lamiere ha avuto due precise funzioni:

- a) facilitare la saldatura tenendo a distanza la parete in calcestruzzo;
- b) creare una geometria elastica per preservare il giunto di saldatura dalle deformazioni conseguenti ai cicli di carico e scarico.

I costi dell'impermeabilizzazione sono quantificati in circa 100-110.000 L./m<sup>2</sup> dell'epoca, per un totale complessivo di circa L. 250.000.000 a serbatoio, richiedendo, per ciascuno di essi, un tempo di 5-6 mesi. Dalla fine degli 70, epoca di realizzazione dell'intervento, a tutt'oggi la soluzione adottata non ha mai dato problemi di sorta.

***L'impermeabilizzazione interna di serbatoi pensili con impiego di acciaio inossidabile. Tecnologia impiegata e risultati ottenuti.***

I serbatoi pensili *Palermo, Gramsci e Moroni*, furono realizzati negli anni '60, con identica tipologia costruttiva consistente in una vasca di calcestruzzo armato di 2.000 m<sup>3</sup> con doppia parete, delle quali la più interna "a voltine" per contrastare la spinta dell'acqua, diametro interno di 18.00 m, altezza di 9.50 m, quota di sfioro a 45.00 m s.m. e di fondo a 37.00 m s.m. per un'altezza totale da terra di 30.00 m circa. La struttura è sorretta da nove piloni in calcestruzzo armato fondati su pali, mentre la vasca è provvista di fondo con controsoletta, ha una torre centrale con la scala interna per l'accesso alla vasca stessa e le pareti esterne di tamponamento sono realizzate con muratura di blocchetti di cemento. La copertura della vasca consiste in una guaina bituminosa protetta da piastre di calcestruzzo, sigillate con bitume fuso.

I principali problemi evidenziati dalle strutture, con il passare degli anni, sono rappresentati soprattutto dallo stillicidio continuo dal fondo della vasca, sintomo di fessurazioni importanti sulle pareti e sul fondo della stessa.

La positiva esperienza maturata nell'impermeabilizzazione dei serbatoi del *C.I.B.* con impiego di acciaio inossidabile, ha portato alla convinzione di poter effettuare il recupero anche di queste strutture con l'impiego della stessa tecnologia e con lo stesso materiale: fogli di acciaio inossidabile AISI 316 L di spessore pari a 12/10 mm.

Per il risanamento del serbatoio *Palermo*, alla fine degli anni '80, si è proceduto quindi con modalità simili a quanto illustrato nel caso precedente, nonostante la tipologia del serbatoio presentasse:

1. la necessità di rivestire anche il fondo della vasca, sede di perdite d'acqua;
2. la geometria più complessa delle pareti da rivestire.

Proprio per superare queste singolarità la ditta esecutrice ha impiegato fogli di acciaio di piccola pezzatura con saldature di testa senza bordature, il che ha imposto la necessità di moltiplicare il numero di saldature da effettuare, ora anche in orizzontale.

Il risultato è chiaramente visibile nelle diapositive illustrate. La mancanza di ancoraggi continui in sommità, la mancanza delle bordature su tutti i giunti che potessero assorbire le deformazioni termiche dei fogli di acciaio durante le saldature, la mancanza di un letto di posa uniforme e livellato, una scarsa maestria nell'esecuzione delle saldature hanno portato a risultati assai scadenti.

La necessità di risanare anche gli altri serbatoi simili, il *Gramsci* e il *Moroni* e gli scarsi risultati ottenuti con il serbatoio *Palermo* hanno imposto lo studio di una tipologia diversa di intervento, basata non più sulla creazione di un manto impermeabile addossato alla vecchia struttura in calcestruzzo, bensì sulla creazione di una nuova vasca autoportante in acciaio inossidabile AISI 316 L, contenuta all'interno della vasca in calcestruzzo e completa di tutti gli accessori, pure in acciaio inossidabile.

Questa soluzione, pur accettando un volume totale disponibile inferiore, presenta i seguenti vantaggi:

- indipendenza della nuova vasca dalla struttura sottostante con conseguente perfetta tenuta;
- possibilità di accurato controllo in corso di esecuzione e collaudo finale di tutti i giunti saldati;
- possibilità di ispezione diretta delle pareti esterne della nuova vasca, durante l'esercizio della stessa, tramite il passaggio nel vano lasciato libero tra le pareti in calcestruzzo e le pareti in acciaio;

Le pareti della nuova vasca metallica sono realizzate con lamiera di spessore pari a 6 mm, provviste di angolari di rinforzo, oltre ad un angolare 80 x 80 mm spessore 8 mm alla base della parete dove si concentrano le tensioni maggiori. Il fondo poggia su un letto di malta di cemento che ingloba drenaggi spia radiali per l'osservazione di eventuali perdite che dovessero originarsi nel fondo della vasca, non più in vista.

Al fine di verificare questa scelta progettuale, è stato effettuato uno studio con un modello *f.e.m.* (metodo agli elementi finiti) della struttura sottoposta al massimo carico idrostatico nelle ipotesi:

1. parete e fondo costituiti da lamiera  $s = 6$  mm saldati insieme;
2. parete e fondo costituiti da lamiera  $s = 6$  mm saldati ad un angolare  $80 \times 80 \times 8$  mm;

La discretizzazione della sezione generatrice del serbatoio è stata infittita in corrispondenza della giunzione tra il fondo e la parete del serbatoio per permettere un'analisi più spinta nella parte più sollecitata. In entrambi i casi è stato riprodotto un quarto di serbatoio vincolato in semplice appoggio sul fondo ed in modo opportuno sui lembi verticali per permettere deformazioni congruenti con la simmetria radiale, sottoposto al carico idrostatico  $h = 7.40$  m.

La comparazione delle deformate e dello stato tensionale ha permesso di stabilire deformazioni massime in senso radiale di 4 mm ed una tensione massima  $\sigma = 1240$  kg/cm<sup>2</sup> alla base dell'angolare nel modello 2, modello da preferire per le minori deformate angolari di base.

Il costo previsto, per ciascun serbatoio, è pari a L. 350.000.000, con costo unitario medio della sola vasca inox pari a 10.000 L./kg.

Attualmente è in corso di esecuzione l'intervento presso il serbatoio *Moroni*.

### ***Conclusioni***

Le considerazioni finali che si possono trarre per la buona riuscita di rivestimenti interni di acciaio inossidabile aderenti alle superfici da proteggere sono:

1. prevedere l'applicazione in strutture con geometrie semplici;
2. accertarsi della professionalità delle maestranze incaricate dell'esecuzione.
3. prevedere una preparazione accurata di eventuali letti di posa;
4. prevedere sistemi di fissaggio efficienti delle estremità delle lamiere;
5. prevedere controlli in corso di esecuzione e collaudi finali anche di singole saldature;
6. prevedere il collaudo finale di tenuta dell'intera vasca.

In mancanza di questi elementi è quindi preferibile impiegare soluzioni alternative, quali strutture indipendenti, o tecnologie di risanamento alternative.

*N.B. Durante il convegno verranno proiettate diapositive inerenti l'argomento.*

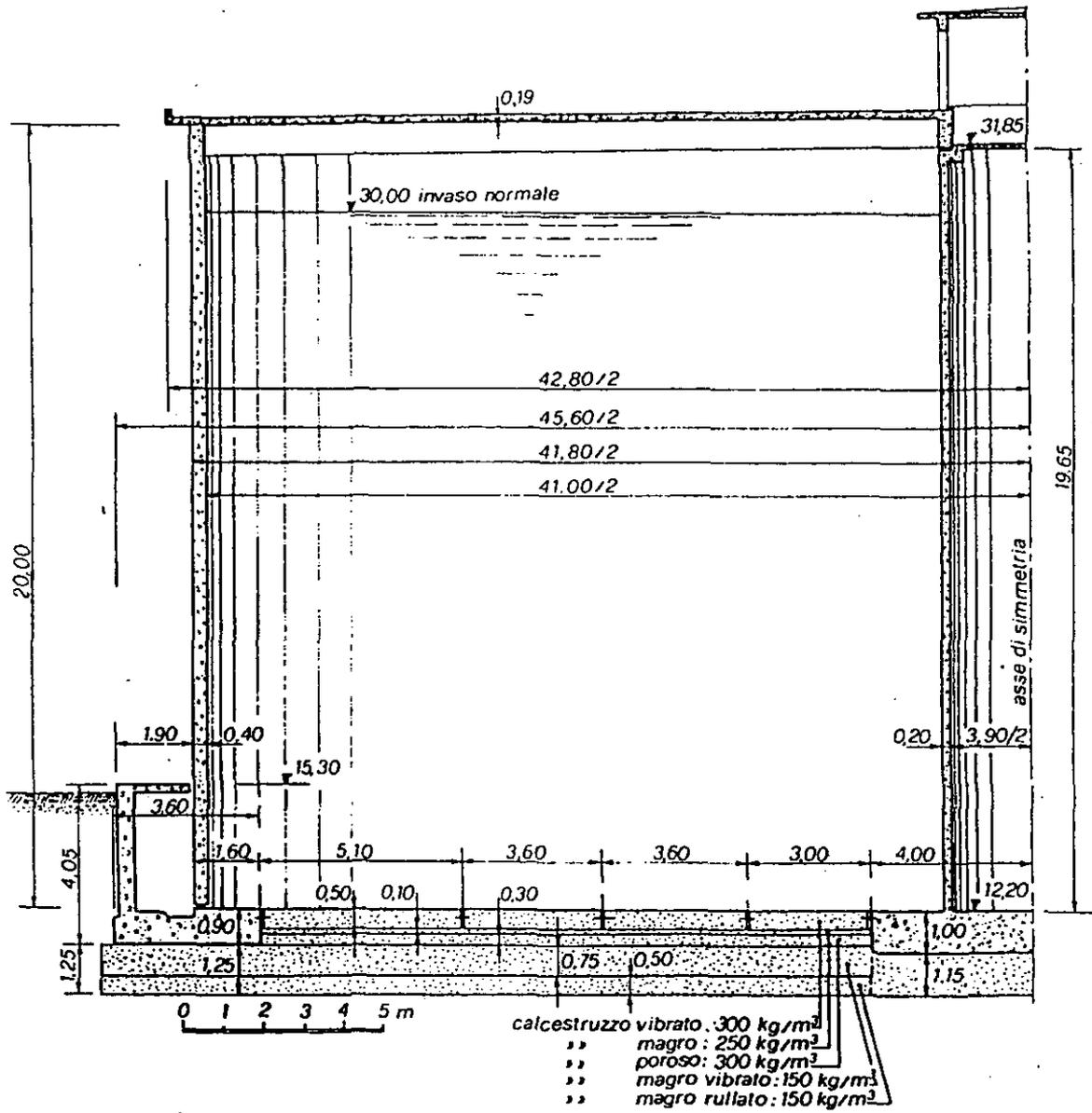
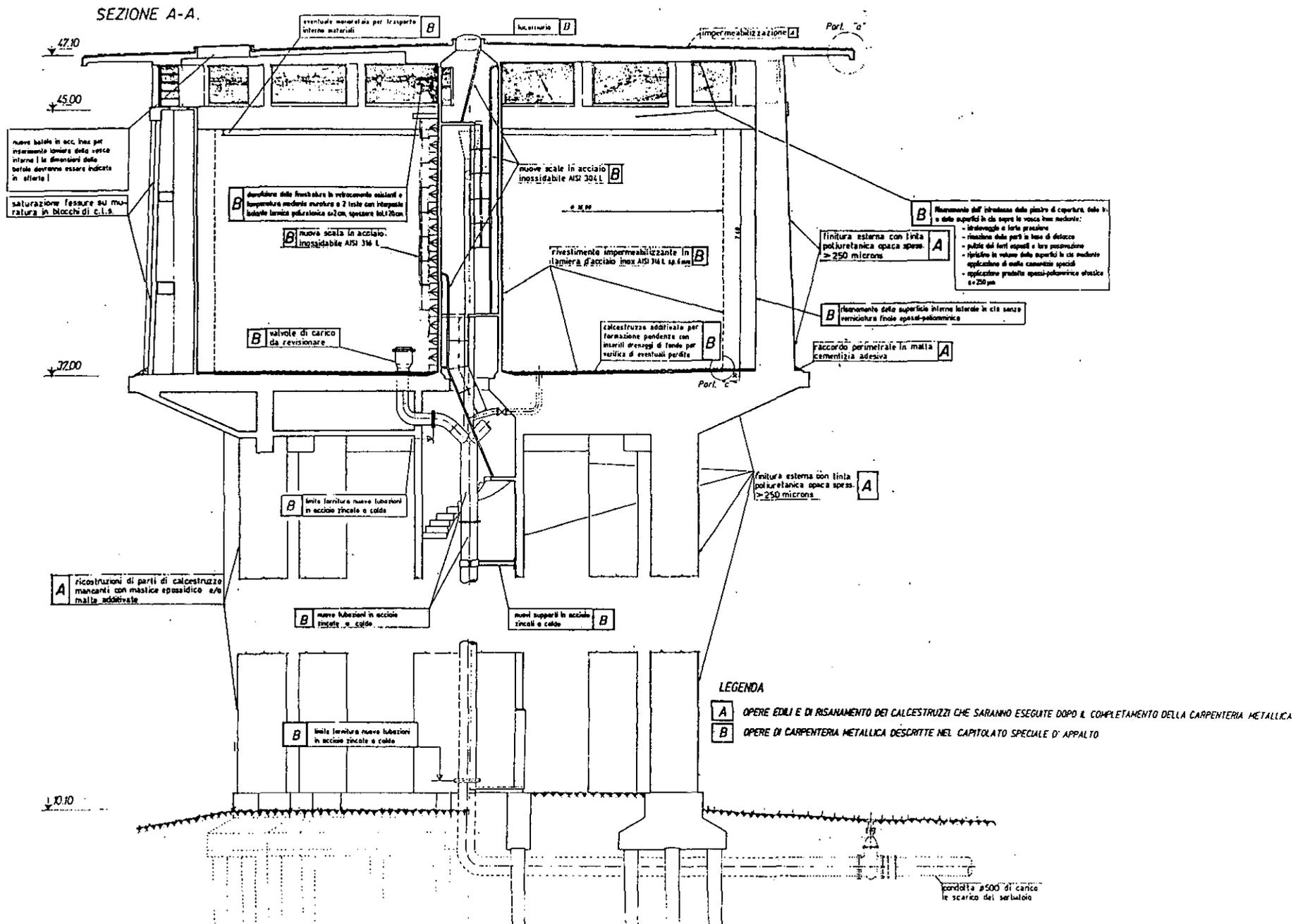


fig. 1: Serbatoio di compensazione ( $V=25.000 \text{ m}^3$ ) - sezione

Fig. 2: Serbatoio pensile (V=2.000 m³) - sezione



PIANTA DELLA VASCA.

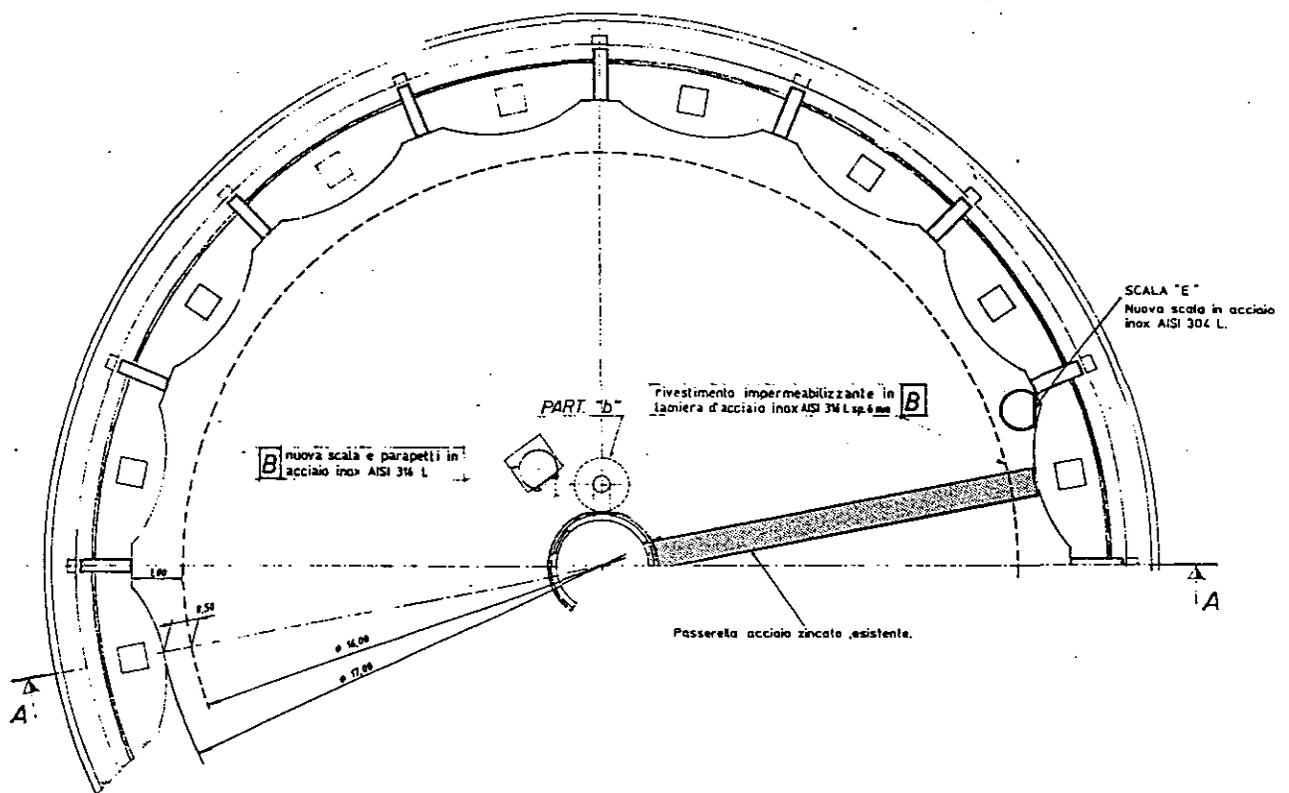


fig. 3: Serbatoio pensile - pianta

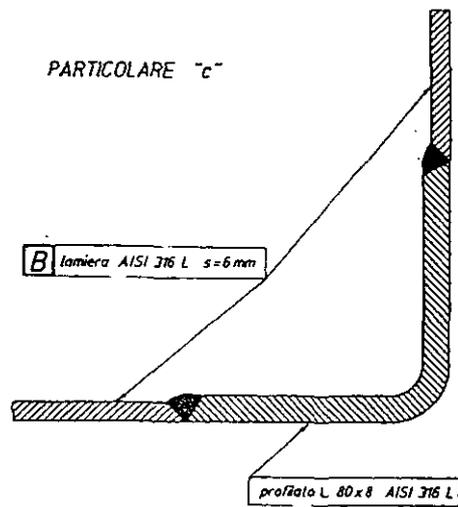


fig. 4: Serbatoio pensile - particolare dell'angolare alla base della nuova vasca.

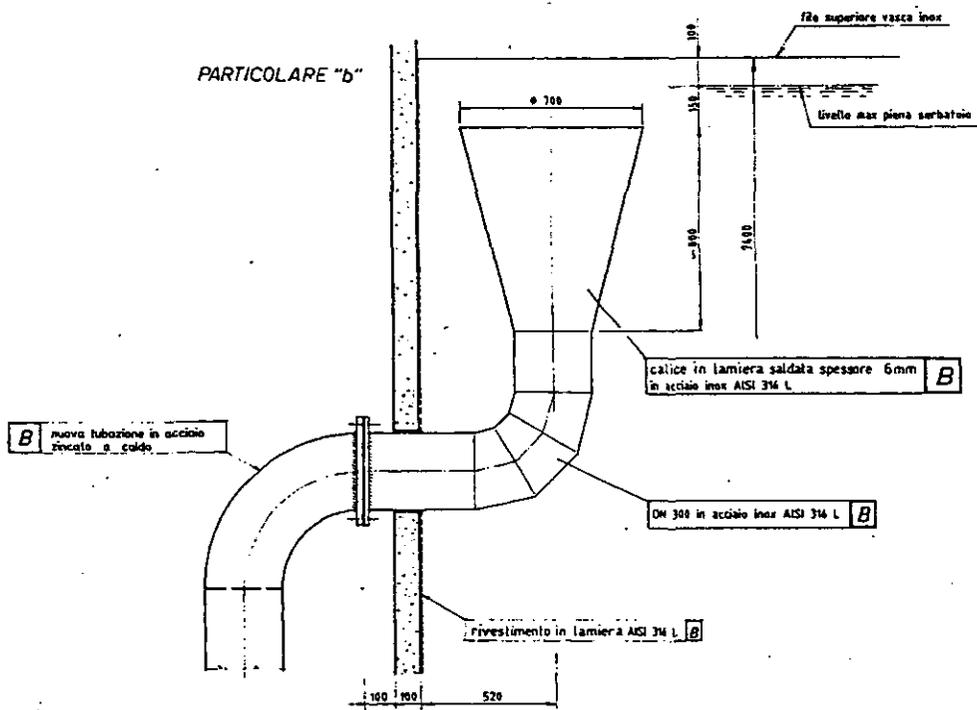


fig. 5: Serbatoio pensile - particolare dello scarico di superficie.

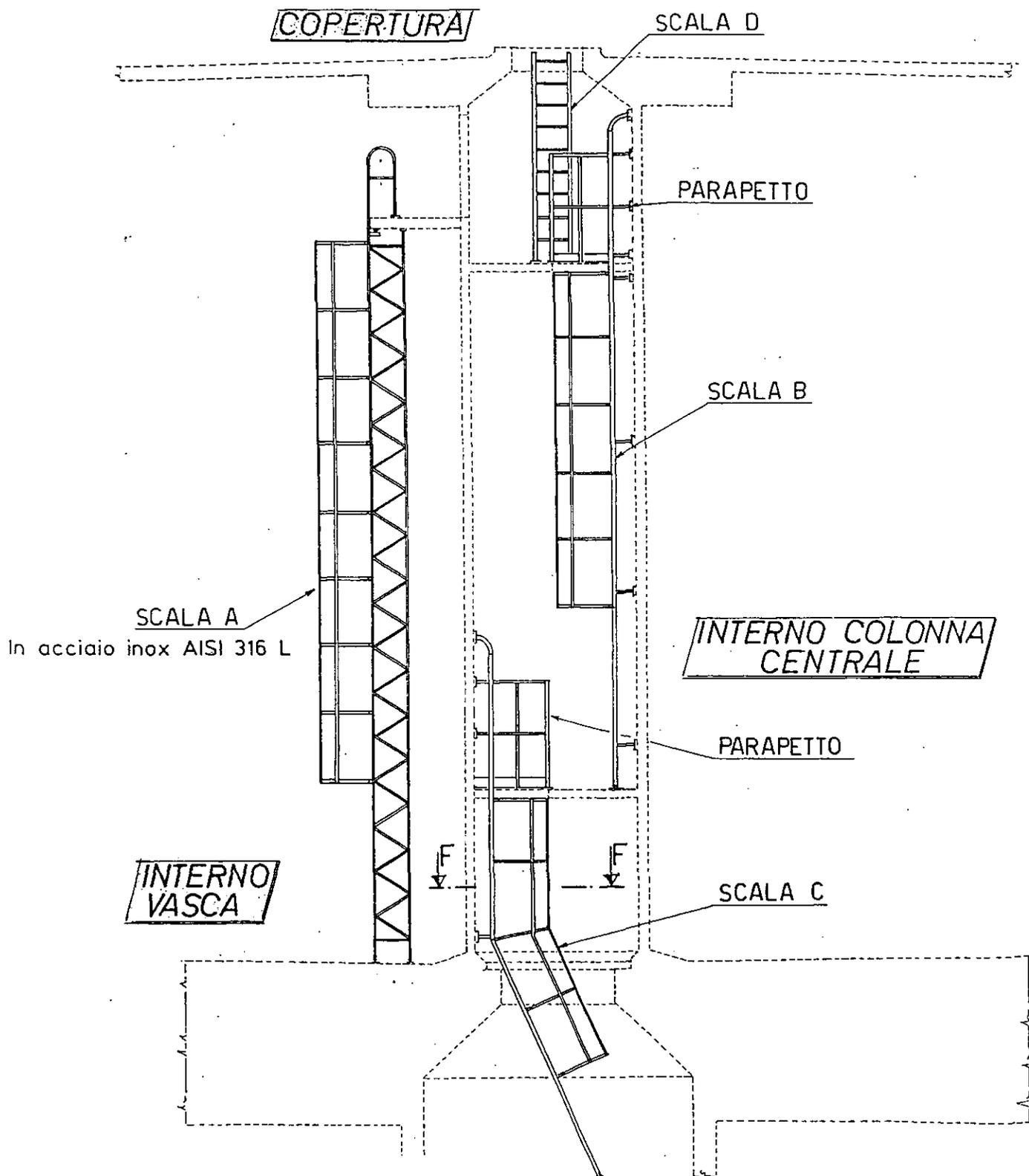
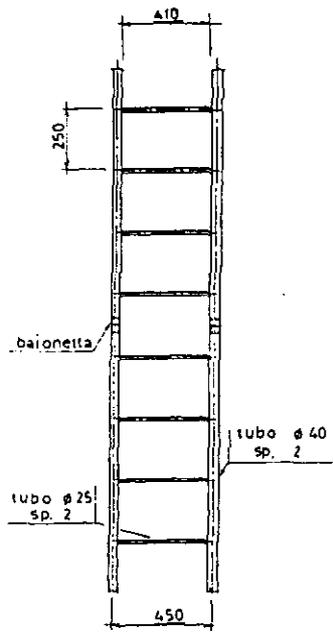
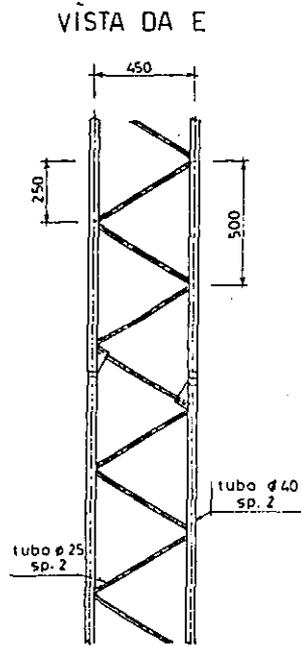


fig. 6: Serbatoio pensile - particolare della scala interna alla vasca.

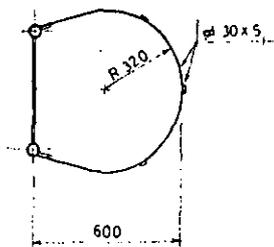
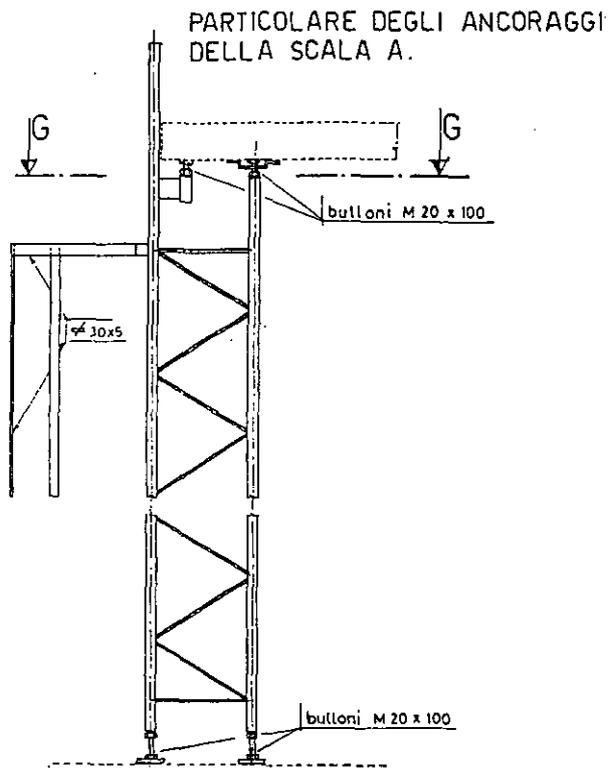
fig. 7: Serbatoio pensile - particolari della scala interna alla vasca.



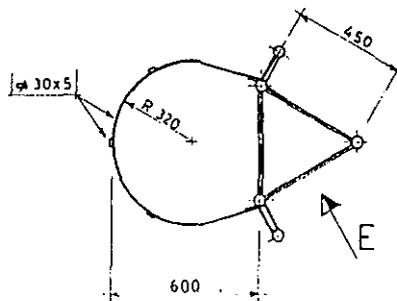
PROSPETTO TIPO DELLE SCALE A, B, C, E.



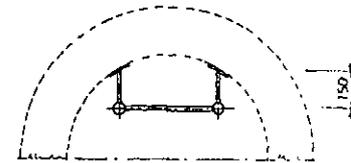
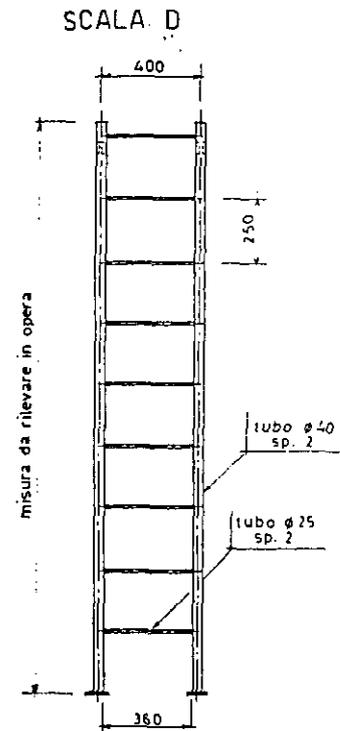
ELEMENTO TRALICCIO DELLA SCALA A.



SEZIONE F-F

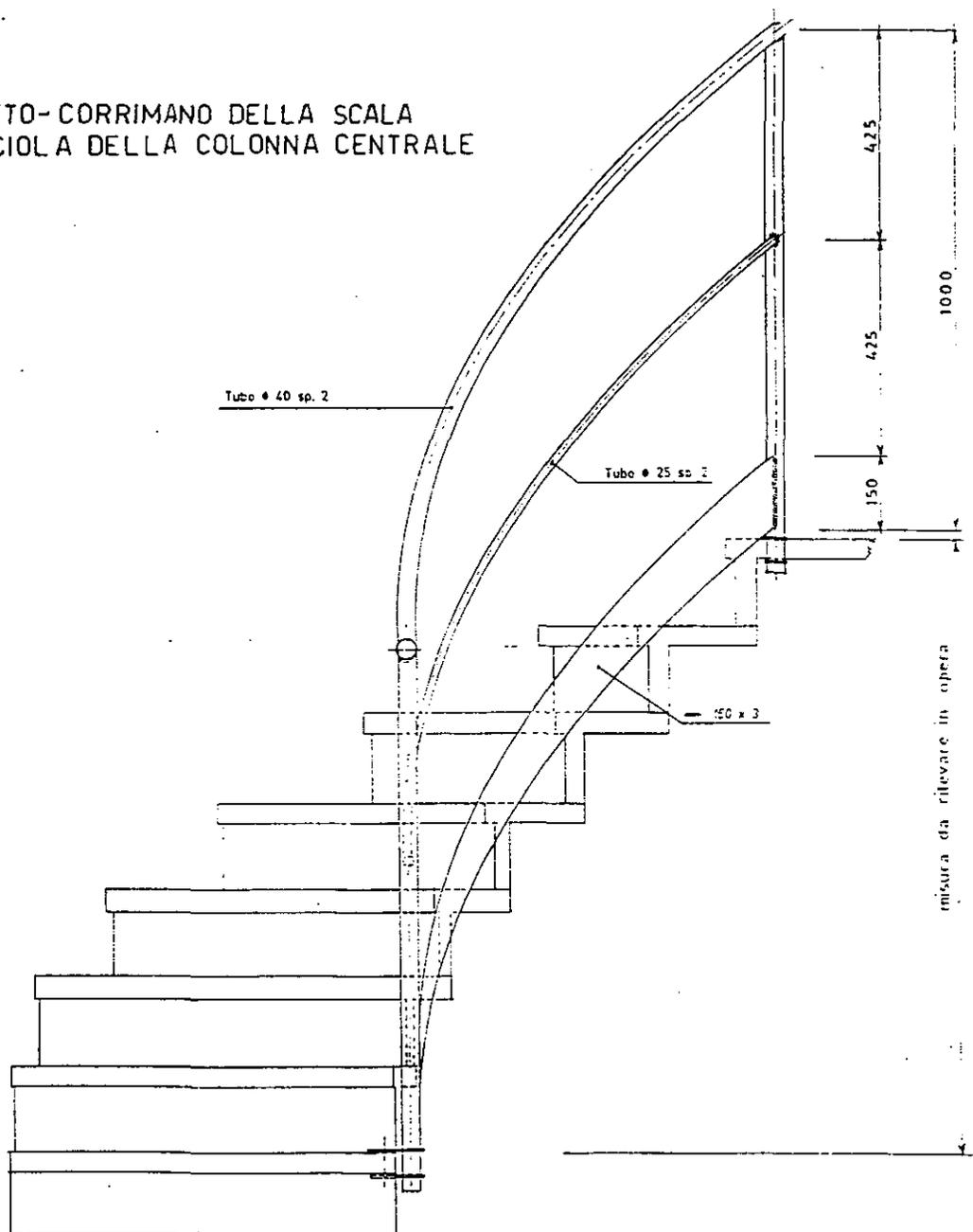


SEZIONE G-G



PIANTA SCALA D

PARAPETTO-CORRIMANO DELLA SCALA  
A CHIOCCIOLA DELLA COLONNA CENTRALE



N.B. : TUTTI I MANUFATTI , ESTERNI ALLA VASCA , SONO DA ESEGUIRSI  
IN ACCIAIO INOX AISI 304 L.

fig. 8: Serbatoio pensile - particolare della scala di accesso alla vasca.



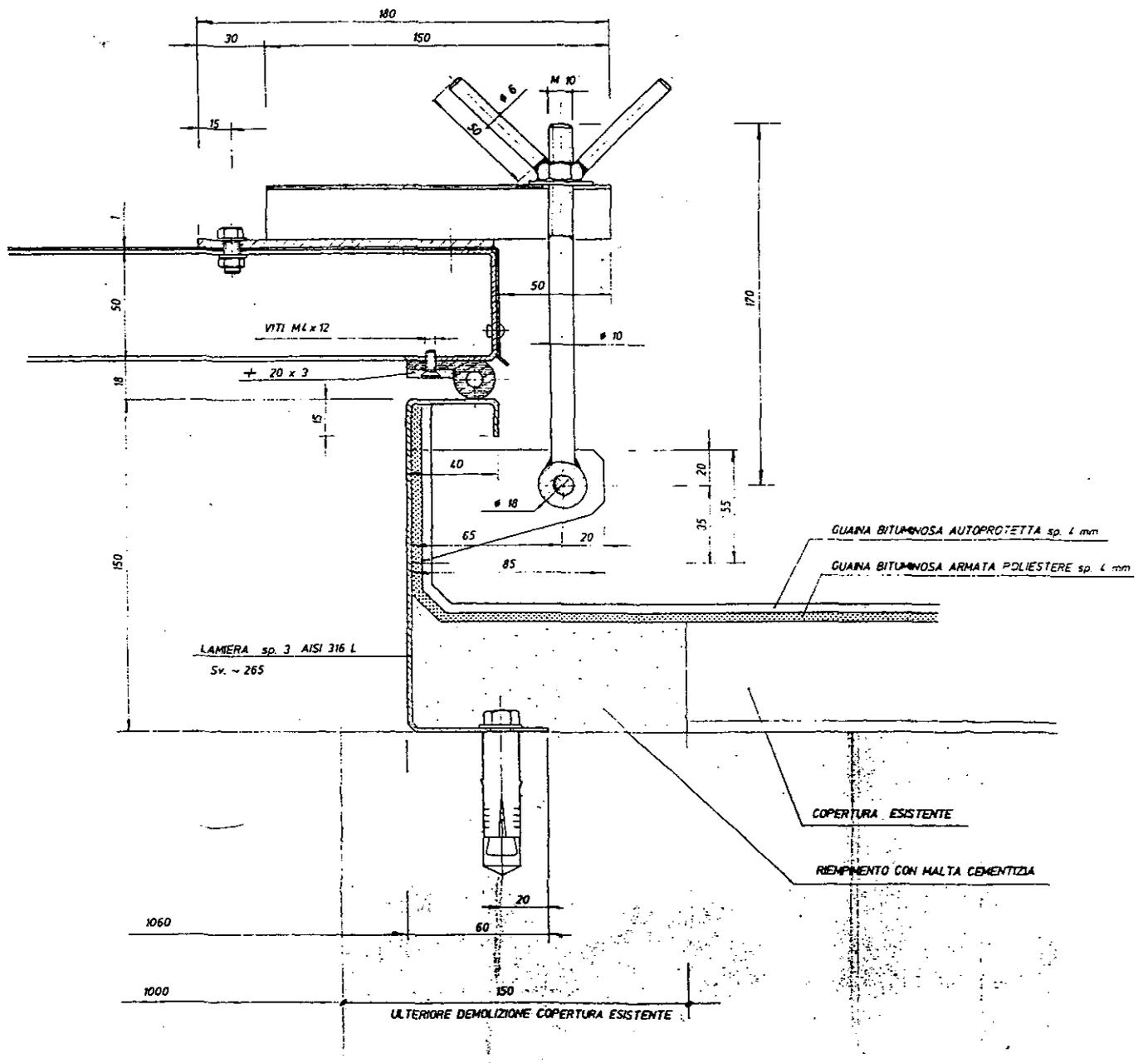


fig. 10: Serbatoio pensile - particolare della chiusura della botola di ispezione.



**NiDI**  
Nickel  
Development  
Institute

\*\*\*\*\*

Dr. Ing. Italo Fiandrotti  
Vice Direttore Tecnico  
Geom. Angelo Rossi  
Dirigente Manutenzione Rete

A.A.M. Azienda Acquedotto Municipale, Torino

**APPLICAZIONI DI ACCIAIO INOSSIDABILE PER L'INTUBAMENTO  
DI VECCHIE CONDOTTE NELL'ACQUEDOTTO DI TORINO**

Relazione presentata al convegno:  
"Gli acciai inossidabili e l'acqua potabile"  
Aspetti sanitari, tecnici e normativi degli impianti

*Organizzato dal Centro Inox e dal NiDI*

*Milano, 10 aprile 1997*

# **APPLICAZIONI DI ACCIAIO INOSSIDABILE PER L'INTUBAMENTO DI VECCHIE CONDOTTE NELL'ACQUEDOTTO DI TORINO**

**Autori:**

Ing. Italo FIANDROTTI, Vice Direttore Tecnico, A.A.M. - Torino

Geom. Angelo ROSSI, Dirigente Manutenzione Rete, A.A.M. - Torino

## **1. INTRODUZIONE**

L'A.A.M. di Torino ha intrapreso nel corso degli anni 80 e 90 una serie di sperimentazioni in un'ottica di manutenzione programmata volta ad eliminare o ragionevolmente ridurre le occasioni di scoppi delle condotte in fibrocemento o ghisa-grigia di grande diametro (DN 450-800 mm). In effetti lo scoppio di una grande condotta comporta notevoli spese e disagi al traffico urbano, soprattutto nei centri dove la esecuzione di importanti interventi manutentivi sulle condotte risulta pressochè proibitiva per condizioni di traffico congestionato obbligando, di fatto, alla chiusura della strada.

La ricerca di ridurre drasticamente le probabilità di scoppio di grandi condotte è peraltro doverosa al fine di ricondurre la gestione del servizio idrico di un grande centro urbano ad una prassi che non interferendo continuamente sulle condizioni viabili, consenta una più serena e regolare programmazione dei lavori. In alcuni casi l'intubamento può rappresentare, laddove una modesta riduzione del diametro della condotta lo consenta, una significativa economicità manutentiva oltre che un impatto assai meno rilevante sulle condizioni viabili.

Il confronto tra tecnologia tradizionale e tecnologia "trenchless" è sicuramente complesso e si deve tener conto non solo dei costi di applicazione, ma anche dell'eventuale incremento di valore della nuova condotta. Inoltre gli attuali standards conseguiti sono ulteriormente perfettibili sviluppando adeguatamente l'impiantistica e la tempistica di cantiere.

## **2. SPERIMENTAZIONI PRELIMINARI**

Le sperimentazioni fatte sono state molteplici e condotte in due direzioni distinte. La prima riguardava interventi relativamente leggeri consistenti nell'applicazione di rivestimenti interni di tipo sottile su tutta la superficie interna della tubazione ovvero in aree molto localizzate e cioè in corrispondenza delle giunzioni.

La seconda affrontava soluzioni più radicali e cioè l'intubamento di vecchie condotte usando la tubazione preesistente come cunicolo o guaina della nuova condotta. Quasi sempre all'intervento di tipo più leggero si è fatto seguito con l'intervento di intubamento vero e proprio godendo delle strutture già predisposte per il primo intervento quali le camerette e gli accessi alla condotta.

### 2.1. Rivestimenti interni

L'applicazione di una calza di resina all'interno della tubazione o l'intervento localizzato mediante resine, in ciascun giunto, pur non costituendo intervento risolutivo per la problematica degli scoppi, rappresenta sicuramente una prima efficace azione preventiva nei confronti delle grandi rotture poichè le piccole perdite da giunto possono innescare nel breve e medio periodo le condizioni per un collasso della tubazione.

Infatti in molte circostanze si sono potute rilevare tracce inequivocabili di preesistenti perdite da giunzione che interessando il piano di appoggio della condotta hanno provocato un processo di assestamento della medesima con conseguenti "condizioni di lavoro" per la tubazione, non ammissibili per le condotte in cemento-amianto ed in ghisa grigia.

Inoltre, come è noto per chi si interessa di ricerca delle perdite, le fughe da giunto sulle tubazioni di grande diametro sono difficilmente individuabili nelle ricerche preventive in quanto le camerette di ispezione sono quasi sempre molto distanti fra di loro e l'"inerzia" di cui sono dotate dette condotte non consente una sufficiente trasmissione e propagazione del rumore di fuga.

Per questi motivi, le piccole perdite sulle grandi condotte se non si palesano spontaneamente possono restare occulte anche per lunghi periodi di tempo facendo maturare le condizioni di scoppio improvviso.

Su questa considerazione torneremo più avanti quando tratteremo il processo di intubamento delle condotte.

### 2.2. Intubamenti

Con l'operazione di intubamento, come è noto, si intende la costruzione di una nuova condotta utilizzando la preesistente condotta come cunicolo o tubo guaina.

Anche in quest'ottica le sperimentazioni fatte sono state numerose e rivolte prioritariamente alla bonifica di condotte in cemento amianto di medio e grande diametro.

Si è proceduto con intubamenti di condotta preesistente DN 350 in Eternit utilizzando del PEAD DN 315x280 e 280x250 a seconda delle pressioni di esercizio, passando infine alla tubazione in vetroresina DN 312x300 con giunzioni a bendaggi manuali nella tratta assoggettata a pressione superiore ai 6 bar. (sviluppo complessivo dell'intervento 6.000 m).

Ovviamente in quegli anni non era ancora disponibile il nuovo PEAD SIGMA 80. Peraltro in quel caso particolare si poteva accettare una rilevante diminuzione del diametro della condotta.

Sulle condotte di grande diametro sono state eseguite sperimentazioni consistenti nel trasporto su appositi carrelli di canne di tubo di lunghezza massima 5 m all'interno del tubo guaina realizzando le giunzioni all'interno della vecchia tubazione.

#### Alcune realizzazioni:

- intubamento di condotta DN 900 in fibro-cemento mediante utilizzazione di condotta in vetroresina DN 750 con massimo ingombro dei bicchieri DN 860 su una breve tratta di 150 m (adduttrice Beinasco);
- intubamento di condotta DN 800 in cemento-amianto adottando tubo di acciaio normale DN 763x750 con una intercapedine residua di circa 20 mm (via Vandalino m 1.500 ca.); l'utilizzazione dell'acciaio normale ha poi costretto ad eseguire una protezione esterna facendo scorrere nell'intercapedine bitume a 130°C con una operazione di sicuro effetto ma notevolmente complessa;
- intubamento di una condotta DN 600 in ghisa grigia per un tratta di 500 metri ottenuta mediante condotta in acciaio DN 575x565 con bicchieri in inox di spessore 1,5 mm ed ingombro massimo mm 582 (Corso Giulio Cesare).

In quest'ultimo caso pur adottando la tecnica del trasporto della canna lungo la tubazione mediante carrelli anzichè eseguire le saldature dall'interno (sempre difficoltose) si è proceduto alla congiunzione delle diverse canne imboccate a freddo mediante la calza impregnata di resina già usata per gli interventi più leggeri di sigillatura interna delle condotte.

Per la protezione esterna si è proceduto con iniezioni di epossicatrame a 60°C nell'intercapedine tra il tubo di acciaio e la vecchia condotta con una operazione sempre notevolmente complessa.

Proprio per le osservazioni fatte sulla difficoltà di far scorrere lungo la intercapedine tra le due condotte i materiali bituminosi idonei per realizzare il rivestimento esterno del nuovo tubo da un lato e sulla non opportunità di perdere detta intercapedine dall'altro, si è passati a considerare seriamente l'impiego dei tubi in acciaio inox.

### **3. SPERIMENTAZIONE INOX**

Si puntualizzano qui di seguito i punti salienti dell'"intubamento con acciaio inox". La nuova tubazione è collocata all'interno della vecchia condotta, declassata a cunicolo di pregio. Essa può essere riparata, mantenuta, al limite sostituita, senza più fare scavi nè camerette aggiuntive.

La tubazione di acciaio non scoppia. L'eventuale perdita, anche modesta, percorrendo l'intercapedine, si sfoga nelle camerette di estremità, evidenziandosi tempestivamente.

In questo modo risulta anche facile verificare che le saldature effettuate durante la posa "tengano" così come il sopraggiungere di eventuali piccole perdite.

Esse sono localizzabili facilmente e senza scavi. Si svuota la nuova condotta e si riempie l'intercapedine con qualche metro di pressione, per evitare deformazioni da schiacciamento. Se il diametro della condotta supera i 450 mm, un operatore a bordo di un carrello elettrico 24 V e con fune di recupero in emergenza, può visionare l'interno della condotta segnando gli eventuali punti di perdita.

Nel caso di piccole condotte si possono usare telecamere oppure tappi mobili. Le riparazioni, per diametri superiori ai 450 mm, possono essere eseguite con normali operazioni da fabbro con l'operatore all'interno della condotta. Per diametri minori e per brevi tratte si è talvolta provveduto (come nel caso del PEAD) ad estrarre parzialmente la tratta difettosa, ripararla e infine reintrodurla.

L'acciaio inox non necessita di protezione delle superfici interne ed esterne, particolarmente fastidiose ed insicure se da eseguire in cantiere. L'iniezione di materiale caldo o freddo nell'intercapedine, oltre a privarci della disponibilità della medesima, è particolarmente onerosa. Nel caso delle condotte metalliche la parte inferiore di queste, dopo adeguata disincrostazione, viene verniciata con materiale denso con beneficio per lo scorrimento della nuova condotta che viene a sua volta trattata con grasso atossico.

I costi sono globalmente inferiori a quelli di una posa tradizionale. In effetti il maggior onere è costituito dal tubo inox. Infatti per un diametro di 550 mm (da utilizzare all'interno del DN 600), il costo del tubo può variare dalle L. 200.000 alle L. 300.000 in funzione delle oscillazioni del prezzo delle lamiere. Comunque il tubo risulta pregiato e di lunga durata e quindi contribuisce ad accrescere il valore patrimoniale della condotta.

La posa è invece decisamente economica, meno di L. 60.000/m. In tale costo sono compresi il trasporto dei tubi sul cantiere, il loro calaggio all'interno della cameretta di saldatura, la saldatura e la successiva spinta. L'insieme dei costi della cameretta prefabbricata, della relativa posa, del taglio della vecchia condotta e riconnessione della nuova, può valutarsi su L. 20.000.000 e quindi incide per L. 30-40.000/m a seconda della lunghezza della tratta che può essere immaginata con lunghezza anche fino a 500 m.

La disincrostazione, ove occorre, può incidere dalle L. 10.000 alle L. 30.000/m. Possiamo quindi ritenere che mediamente la somma dei diversi importi riferiti a: tubo (L.250.000), posa (L.60.000), cameretta (L.35.000), disincrostazione (L.20.000), risulta di L.365.000/m che è inferiore alle L.500.000/m occorrenti per una sostituzione tradizionale.

#### **4. TUBI**

I tubi inox del diametro di 550 mm sono ricavati da laminato di acciaio a caldo ed hanno uno spessore di 2,5 mm ed una lunghezza di 1500 mm. Il peso risulta di circa

50 kg. Con detto peso ed ingombro possono essere movimentati da due sole persone che operano nel cantiere di posa.

Si è preferito prevedere un numero maggiore di saldature, effettuabili con attrezzature automatiche, piuttosto che appesantire le operazioni di movimentazione dei tubi usando canne di lunghezze superiori. Anche le dimensioni delle camerette e del cantiere, risultano così più contenute e questo è sicuramente un ulteriore vantaggio.

I tubi sono anche dotati di due bordature (gole) circolari, profonde 4 mm verso l'interno, simmetriche e distanti dalle estremità 375 mm. Queste bordature irrigidiscono la struttura nel senso circonferenziale e costituiscono l'invito per eventuali piccole deformazioni della tubazione durante la sua introduzione in una condotta che non è mai perfettamente lineare.

I tubi vengono costruiti presso il fornitore a partire da coils di lamiera larga 1500 mm, con operazioni di taglio, calandratura, saldatura, bordatura, pulizia e collaudo. Quest'ultimo, per conto della A.A.M. è eseguito da una Azienda esterna che ha redatto il Capitolato Tecnico e verifica che la produzione risponda alle norme di Qualità.

A questo fine al fornitore dei tubi è stata richiesta la certificazione per le saldature in TIG, la costruzione di apposite dime per il controllo dei vari parametri dimensionali, la messa a punto di una attrezzatura per il controllo di tenuta alla pressione di 16 bar.

## **5. SALDATURA CIRCONFERENZIALE IN CANTIERE**

La saldatura orizzontale eseguita dal fornitore per la costituzione del tubo è in TIG (Tungsten Inert Gas) con materiale d'apporto. La saldatura circolare testa a testa eseguita sul cantiere, è in TIG pulsato con materiale di apporto. Siamo quindi in presenza del tipo di saldatura più pregiata disponibile oggi sul mercato.

Un carrellino orbitale automatico esegue le due saldature a scendere.

La saldatura (torcia a bordo del carrellino) è programmabile per cinque posizioni del carrellino stesso a seconda del tratto di circonferenza che la torcia si trova a percorrere nel tragitto a scendere. La programmazione riguarda corrente di saldatura, corrente di attesa, raffreddamento, tempo di saldatura e tempo di attesa. Anche le velocità del carrellino sono programmabili.

Il tempo del ciclo per ogni saldatura è intorno ai 20 m', mentre il tempo di preparazione richiede circa 10 m'. In pratica l'operazione completa si svolge in circa 30 m'. La saldatura è eseguita con protezione di gas sulla torcia di saldatura. La protezione dall'interno della condotta è in argon che fuoriesce da tanti forellini sulle 6 piastre dell'espansore interno. Quest'ultimo è montato su una slitta ed è posizionato in corrispondenza della saldatura da effettuare. In tal modo, svolge anche la funzione di appaiare i due tubi.

Disponendo di una squadra di 3 persone nella postazione di saldatura su due turni di 8 ore ciascuno si possono posare circa 50 m/giorno.

## **6. LA SPINTA**

A mano a mano che un nuovo tubo è stato saldato alla colonna di quelli già precedentemente saldati ed introdotti nella vecchia condotta, un pistone esegue la nuova spinta per una lunghezza di 1.500 mm.

In testa alla colonna c'è una testata arrotondata. Il treno più lungo di tubi saldati DN 550 mm spinto finora è stato di ben 750 m.

In quelle condizioni la forza di spinta necessaria risultò minore di 20.000 kg e sulle bordature non si notavano effetti di deformazione elastica o permanente.

Prima della spinta la superficie esterna del tubo veniva trattata con apposito grasso atossico.

## **7. LE CAMERETTE E IL CANTIERE**

Le camerette nelle quali avvengono le saldature e la spinta, sono prefabbricate, di lunghezza 2,6 m, larghezza 2 m e dotate di 1 o 2 accessi protetti da chiusini.

Il recinto in lamiera, sovrastante la cameretta, può ridursi al limite anche a 2 m di larghezza con lunghezza appropriata a seconda della necessità di stoccaggio dei tubi inox.

In genere questi box in lamiera non disturbano il traffico automobilistico per il loro limitato ingombro in larghezza e per il loro opportuno posizionamento.



**NiDI**  
Nickel  
Development  
Institute

\*\*\*\*\*

**Dr. Ing. Marco Buccianti**  
*ILTA INOX, Robecco d'Oglio*  
**Dr. Ing. Enrico Molteni**  
*Libero Professionista, Carimate*

**TUBI SALDATI E RACCORDERIE DI ACCIAI INOSSIDABILI NELLA  
DISTRIBUZIONE IDRICA. OMOLOGAZIONI, INSTALLAZIONI E  
VANTAGGI NEL CICLO DI VITA**

**Relazione presentata al convegno:**  
**"Gli acciai inossidabili e l'acqua potabile"**  
**Aspetti sanitari, tecnici e normativi degli impianti**

*Organizzato dal Centro Inox e dal NiDI*

*Milano, 10 aprile 1997*

## TECNICHE DI FABBRICAZIONE DEL TUBO SALDATO LONGITUDINALMENTE SENZA APPORTO DI MATERIALE

Una linea di profilsaldatura è costituita fundamentalmente dalle seguenti sezioni:

- ASPO DEVOLGITORE
- FORMATORE
- STAZIONE DI SALDATURA
- SCORDONATORE 1
- LAMINATOIO
- SCORDONATORE 2
- CALIBRATORE

Sull'aspo devolgitore viene caricato un nastro la cui larghezza è uguale allo sviluppo della circonferenza del tubo in corrispondenza della stazione di saldatura.

Particolare attenzione deve porsi nella preparazione dei lembi, che devono essere privi di bave, incisioni ed esenti da tracce di olio e grasso.

Il formatore è costituito da una serie di coppie di rulli, montati su gabbie, alternativamente ad asse orizzontale (motrici) ed asse verticale (folli), il nastro viene piegato secondo assi paralleli alla sua direzione di laminazione per passi successivi fino a che i bordi vengono a combaciare.

La stazione di saldatura può essere realizzata con 2/3 coppie di rulli di pressione ad assi verticali o una coppia di morse in bronzo.

La sua funzione è quella di tenere ben accostati ed allineati i lembi del nastro in fase di saldatura.

Le tecniche di saldatura più comunemente usate (per tubi di qualità) sono:

- TIG
  - PLASMA
  - LASER (non ancora consolidata)
- tutte senza apporto di materiale.

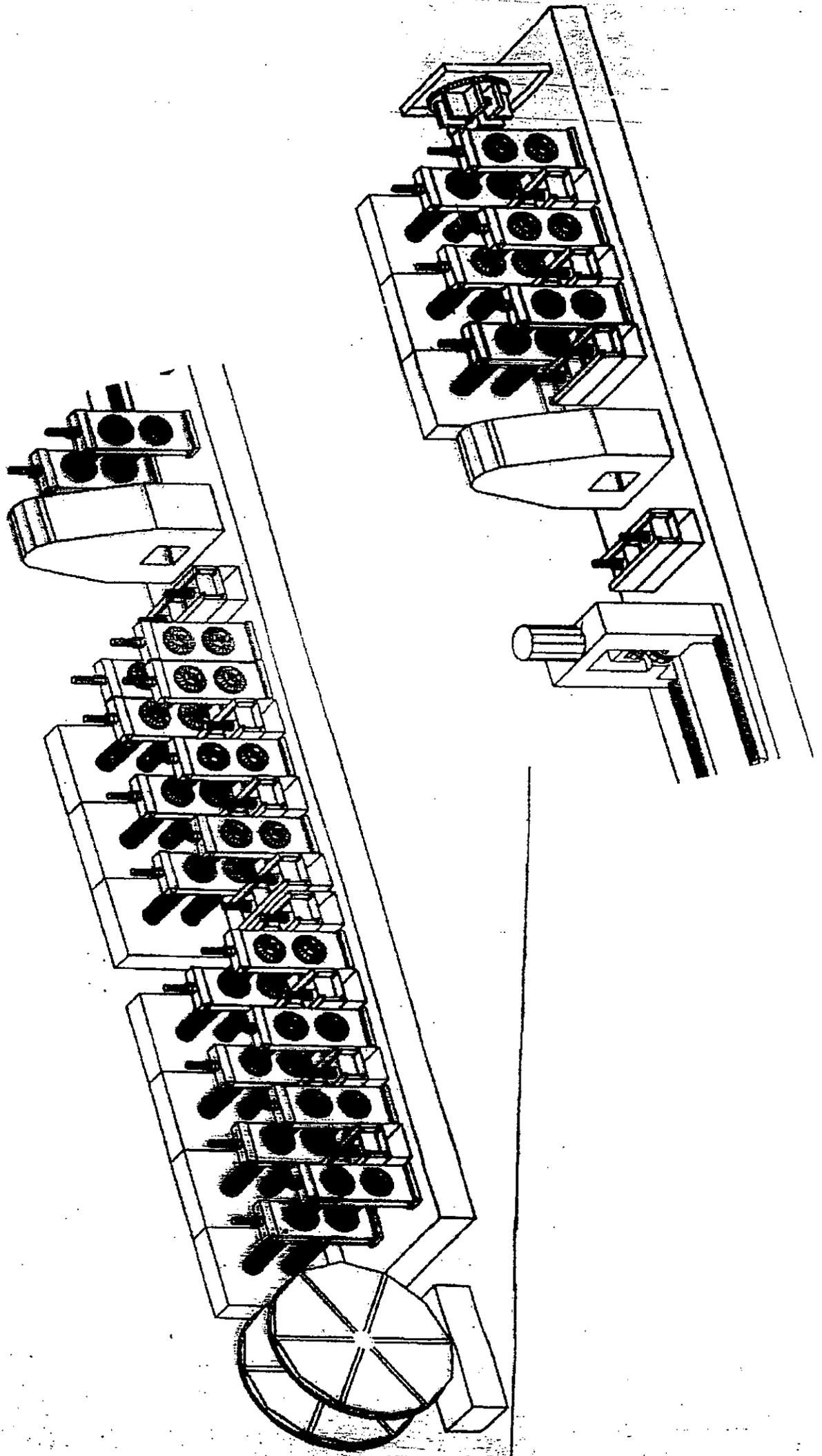
Il primo scordonatore (testa di smerigliatura con tela abrasiva) ha lo scopo di pulire la parte esterna del cordone da tracce di ossido ed eventuali scorie, che siano emerse alla superficie del bagno, prima della laminazione del cordone di saldatura medesimo.

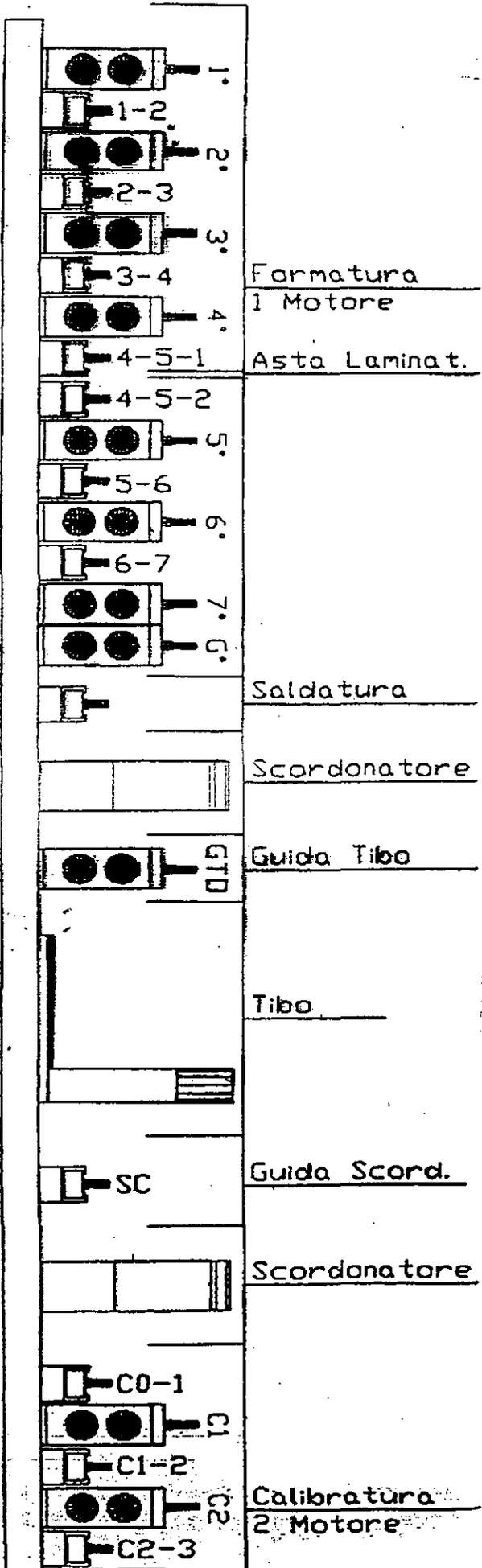
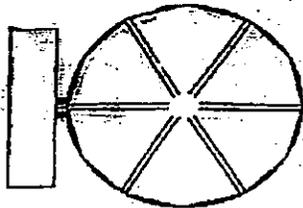
Il laminatoio è costituito da un castello che ha un movimento alternato nel senso dell'avanzamento del tubo e sul quale sono montati il rullo d'appoggio ed il rullo di pressione ad azionamento idraulico.

All'interno del tubo è posizionato un mandrino sul quale viene laminato il cordone di saldatura per effetto dell'azione del rullo di pressione.

Il secondo scordonatore, uguale al primo, ha la funzione di smerigliare la zona del cordone per eliminare ogni segno della laminazione.

La calibratrice è costituita da una serie di coppie di rulli ad asse orizzontale e verticale ed ha la funzione di calibrare il diam.est. del tubo alle dimensioni e tolleranze richieste. Normalmente la riduzione di diam. in calibratura è di circa 1%.





## TUBI PER INSTALLAZIONI PER ACQUA POTABILE

I risultati di recenti ricerche indicano che:

"In impianti per acqua potabile in acciaio inossidabile correttamente progettati un trasferimento significativo di nichel e cromo è del tutto improbabile ed anche che un sistema in acciaio inossidabile che sia stato danneggiato da corrosione localizzata per cloruri a contatto con acqua potabile tende a ripassivarsi e ad arrivare ad uno stato inerte".  
Il comportamento migliore si registra per acciai austenitici della serie 316.

Ciò significa che l'acciaio inossidabile dà le più ampie garanzie igienico sanitarie nell'impiego per acqua potabile.

Questa affermazione generica non è sufficiente a garantire che un qualunque tubo di acciaio inossidabile sia l'ideale per impiego su impianti per acqua potabile, infatti, perchè ciò sia vero, i tubi devono rispettare alcuni requisiti che il produttore deve certificare e che sono chiaramente indicati nelle norme tecniche di fabbricazione che devono essere scrupolosamente seguite nella produzione di tubi OMOLOGATI.

## OMOLOGAZIONI

L'ente omologante più noto in questo campo è il tedesco D V G W e le specifiche tecniche relative sono le W 541 , i cui aspetti più significativi sono:

-Il materiale utilizzato, nel campo degli austenitici, deve essere TP 316 .

-Le superfici interne/esterne dei tubi devono essere metallicamente lucide, cioè esenti da colori d'ossidazione come anche da residui di materiali ausiliari alla lavorazione che favoriscano la corrosione e che siano igienicamente nocivi

-Sulla superficie esterna non sono consentite sopraelevazioni né infossature.

-Tolleranze dimensionali ristrette (vedi tab. allegata )

-Il produttore deve lavorare in un sistema certificato di garanzia di qualità ed eseguire e certificare i seguenti controlli:

- analisi di colata
- esame antimiscuglio
- controllo di tenuta
- esame visivo int/est
- prova di svasamento
- prova di schiacciamento
- prova di trazione
- prova di corrosione intercristallina
- controllo della marcatura

Pertanto il TUBO OMOLOGATO è prodotto da un fabbricante che ha uomini e mezzi per dare le più ampie garanzie della costanza della qualità della sua produzione e del rispetto delle specifiche tecniche previste per questo tipo di tubo, indispensabili ad assicurarne l'applicabilità in un SISTEMA che preveda l'utilizzo di raccordi a pressione anch'essi omologati.

Tabelle 1: Rohrabmessungen und Toleranzen

Außendurchmesser		Wanddicke	
d in mm	zulässige Abweichung in mm	s in mm	zulässige Abweichung in mm
12,0	$\pm 0,10$	1,0	$\pm 0,10$
15,0	$\pm 0,10$	1,0	$\pm 0,10$
18,0	$\pm 0,10$	1,0	$\pm 0,10$
22,0	$\pm 0,11$	1,2	$\pm 0,10$
28,0	$\pm 0,14$	1,2	$\pm 0,10$
35,0	$\pm 0,18$	1,5	$\pm 0,10$
42,0	$\pm 0,21$	1,5	$\pm 0,10$
54,0	$\pm 0,27$	1,5	$\pm 0,10$
64,0	$\pm 0,32$	2,0	$\pm 0,15$
76,1	$\pm 0,38$	2,0	$\pm 0,15$
88,9	$\pm 0,44$	2,0	$\pm 0,15$
108,0	$\pm 0,54$	2,0	$\pm 0,15$
133,0	$\pm 1,00$	3,0	$\pm 0,30$
159,0	$\pm 1,00$	3,0	$\pm 0,30$
219,0	$\pm 1,50$	3,0	$\pm 0,30$
267,0	$\pm 1,50$	3,0	$\pm 0,30$



NORMA TECNICA  
Guida al lavoro  
W 541  
11/93

Tubi di acciai inossidabili e titanio per l'installazione  
dell'acqua potabile: requisiti e collaudi/controlli

Termine di ricorso:  
Ricorsi in doppia copia a:  
DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.  
Postfach 5240, 65727 Eschborn

## Premessa

La guida al lavoro W 541 del DVGW "Tubi di acciai inossidabili e titanio per l'installazione dell'acqua potabile; requisiti e collaudi/controlli" è stata pubblicata per la prima volta in settembre del 1988. Le misure e i materiali nuovi hanno richiesto una adeguata revisione.

Inoltre è avvenuto un allineamento alla norma aggiornata DIN 50 930 parte 4 "corrosione dei metalli; corrosione dei materiali metallici all'interno delle condutture, dei recipienti e apparati sotto il carico corrosivo delle acque; giudizio sulla probabilità di corrosione degli acciai inossidabili" e alla nuova guida al lavoro W 534 del DVGW "Giunti per tubi nell'installazione dell'acqua potabile; requisiti e collaudi/controlli".

DVGW Deutscher Verein des  
Gas und Wasserfaches e. V.

## INDICE

- 1 Area di applicazione/Validità
- 2 Definizioni riguardanti l'area di applicazione
- 3 Requisiti
  - 3.1 Materiali e condizione alla consegna
    - 3.1.1 Acciai inossidabili austenitici contenenti molibdeno
    - 3.1.2 Acciai inossidabili ferritico-austenitici contenenti molibdeno
    - 3.1.3 Titanio e leghe di titanio
    - 3.1.4 Condizione alla consegna
  - 3.2 Misure e margine di tolleranza
- 4 Controlli
  - 4.1 Materiali e condizione alla consegna
  - 4.2 Misure e margine di tolleranza
- 5 Controllo della qualità
- 6 Prima ispezione
  - 6.1 Controlli
- 7 Ispezioni successive
  - 7.1 Controllo della fabbricazione da parte del produttore (Ispezione in proprio)
    - 7.1.1 Controlli
    - 7.1.2 Registrazione
  - 7.2 Ispezione da parte terzi
    - 7.2.1 Obiettivo
    - 7.2.2 Prelievi di controllo
    - 7.2.3 Controlli
- 8 Marcatura
  - 8.1 Tubi
  - 8.2 Marcatura di sistema
- 9 Marchio del DVGW

Norme citate e altri documenti

## 1 Area di applicazione/Validità

Questa guida al lavoro vale per tubi di conduttura saldati o esenti da cordone in acciai inossidabili austenitici e ferritico-austenitici contenenti molibdeno e in titanio utilizzati nell'installazione dell'acqua potabile secondo l'area di applicazione della DIN 1988 "Norme tecniche per l'installazione dell'acqua potabile (TRWI)".

## 2 Definizioni riguardanti l'area di applicazione

La saldatura ad arco o la saldatura a stagno non sono consentite per la giunzione di tubi che corrispondano a questa guida al lavoro.

Per tubi e giunti di tubi può essere offerto un sistema. La descrizione di tale sistema deve avvenire secondo la guida al lavoro W 534 del DVGW, paragrafo 2.4.

## 3 Requisiti

### 3.1 Materiali e condizione alla consegna

I materiali elencati di seguito possono essere utilizzati senza particolare documentazione. Il riferimento per valutare il comportamento chemiocorrosivo dei materiali metallici sono le DIN 50 929 (parti 1 e 2) e DIN 50 930 (parti 1 e 4).

#### 3.1.1. Acciai inossidabili austenitici contenenti molibdeno

X 5 CrNiMo 17 12 2            numero del materiale 1.4401  
ecc. (vedi tabella)

#### 3.1.2. Acciai inossidabili ferritico-austenitici contenenti molibdeno

X2 CrNiMoN 22 5 3            numero del materiale 1.4462  
ecc. (vedi tabella)

#### 3.1.3. Titanio e leghe di titanio

Ti 1 numero del materiale 3.7025 ecc. (vedi tabella)

#### 3.1.4. Condizione alla consegna

Le superfici interne ed esterne dei tubi devono essere metallicamente lucide, cioè esenti da colori d'ossidazione come anche da residui di materiali ausiliari alla produzione che favoriscano la corrosione e siano igienicamente nocivi.

Sulla superficie esterna dei tubi saldati non sono consentite sopraelevazioni. La saldatura interna deve possedere una superficie liscia sia allo stato lavorato sia allo stato non lavorato. Non deve presentare né perlaccio né intrusioni non ancora saldate oppure bordi sfalsati e neanche pori aperti, schizzi di saldatura e residui di scorie.

Con appositi strumenti per piegare i tubi, questi devono essere curvabili a freddo con un raggio di almeno  $3,5 \times d$  (per tubi con un diametro fino a 28 mm).

### 3.2. Misure e margine di tolleranza

Per il diametro esterno, lo spessore dei tubi e i margini di tolleranza fanno testo i valori di seguito riportati nella tabella 1.

Tabella 1: Misure dei tubi e tolleranza

Diametro esterno		Spessore della parete	
d in mm	margine di tolleranza in mm	s in mm	margine di tolleranza in mm

ecc. (vedi tabella)

## 4. Controlli

### 4.1. Materiali e condizione alla consegna

In base alle norme DIN 17 455 e DIN 17 456 per gli acciai inossidabili come anche DIN 17 861, DIN 17 866 e DIN 17 869 per il titanio e le leghe in titanio sono da eseguire e da certificare i seguenti controlli:

- l'analisi della colata
- esame di tutti i tubi per escludere uno scambio dei materiali
- controllo del modo d'esecuzione e della condizione della superficie per mezzo di un'ispezione dei tubi
- controllo di tenuta di tutti i tubi
- controlli aggiuntivi per tubi saldati:
  - giudizio visivo della saldatura interna ed esterna
  - prova di svasamento
  - prova di trazione (1 prova per ogni partita prodotta)

evtm. esame della corrosione intercristallina  
prova del piegamento a freddo  
controllo della marcatura

Come criteri d'acquisto/di ritiro valgono le direttive di questa guida al lavoro ovvero le norme menzionate per i singoli materiali.

#### 4.2. Misure e margine di tolleranza

Controllo delle misure secondo tabella 1.

#### 5. Controllo della qualità

Il produttore è tenuto ad assicurare la costante qualità dei suoi prodotti sorvegliando accuratamente la loro fabbricazione. Devono essere documentate l'esistenza e l'applicazione di un sistema di controllo della qualità secondo DIN ISO 9000-9004. Si consiglia di applicare per il controllo della qualità la parte 1 di DIN ISO 2859.

#### 6. Prima ispezione

Durante la prima visita di controllo l'ufficio collaudi deve accertare che il produttore sia in grado di fabbricare i prodotti nella sede di produzione corrispondentemente a quanto stabilito da questa guida al lavoro e che disponga di strumenti che permettano un controllo dei prodotti per i quali chiede il contrassegno.

Il produttore deve dimostrare che il personale addetto al controllo della qualità è indipendente dalla produzione e che è autorizzato a impartire direttive quanto all'affermazione delle esigenze qualitative nei vari posti di lavoro. La competenza del personale incaricato del controllo della qualità va dal controllo del materiale all'ingresso fino al controllo finale.

L'ufficio collaudi compilerà un certificato sul risultato dell'ispezione che costituirà la base per il conferimento del contrassegno dell'ufficio. Contemporaneamente il produttore è tenuto a concludere un contratto per l'ispezione da parte di terzi.

## 6.1. Controlli

Tabella 2

Proprietà	Frequenza/Controllo
analisi di colata	per ogni partita mediante prova del produttore
tenuta	3 tubi per misurazione (?)
scambio dei materiali	3 tubi per misurazione
condizione della superficie	3 tubi per misurazione
controllo visivo della saldatura interna ed esterna	1 m per ognuno dei 3 tubi per misurazione
prova di svasamento	uno per misurazione
prova di trazione	uno per misurazione
corrosione intercristallina	uno per misurazione
piegatura a freddo	1 tubo per misurazione (fino al diametro di 28 cm)
controllo delle misure	3 tubi per misurazione

Verifica del controllo della qualità

## 7. Ispezioni successive

Ogni azienda produttrice deve documentare il rispetto delle condizioni stabilite per i tubi di condotta e l'applicazione del sistema certificato di controllo della qualità mediante un'ispezione annuale per mezzo dell'ufficio collaudi. Per la procedura d'ispezione vale la DIN 18 200 "Ispezione di materiali, pezzi e modi di costruzione; Principi generali" a meno che in seguito non venga disposto diversamente.

L'ispezione si suddivide in ispezione da parte terzi e ispezione in proprio, fermo restando che l'ispezione da parte terzi deve avvenire per mezzo di un ufficio collaudi nominato dal DVGW. Per questo è necessario concludere un contratto d'ispezione tra il produttore e l'ufficio collaudi. Il contratto d'ispezione vale come prova d'ispezione solo dopo l'approvazione da parte del DVGW ed è da concludere immediatamente dopo la prima ispezione. Il DVGW deve essere tenuto informato sull'ispezione in corso per mezzo di un certificato sul risultato dell'ispezione. Il produttore deve comunicare immediatamente al DVGW eventuali cambiamenti dei prodotti.

### 7.1. Controllo della fabbricazione da parte del produttore (Ispezione in proprio)

Il produttore deve procedere a controlli della fabbricazione tali da rendere possibile una valutazione sicura della produzione.

### 7.1.1. Controlli

Tabella 3

Proprietà	Frequenza/Controllo
analisi di colata	per ogni partita
tenuta	su ogni tubo
scambio dei materiali	su ogni tubo
condizione della superficie	ininterrottamente
controllo visivo della saldatura interna ed esterna	1 prova ogni 300 m
prova di svasamento	uno all'ora
prova di trazione	uno per partita o ogni 1000 m
corrosione intercristallina	mediante certificazione dello stabilimento
marcatura	ininterrottamente
controllo delle misure	ininterrottamente

### 7.1.2. Registrazione

Dei regolari controlli della fabbricazione devono essere approntate registrazioni complete dalle quali emergano chiaramente il tipo, il numero e i risultati dei controlli come anche la data di produzione e di controllo.

Le registrazioni vanno conservate almeno 10 anni e esibite, su richiesta, all'ufficio collaudi nominato dal DVGW per le ispezioni.

## 7.2. Ispezione da parte terzi

### 7.2.1. Obiettivo

L'ispezione da parte di terzi ha il compito di esaminare l'ispezione che il produttore conduce in proprio mediante la sua organizzazione e le sue registrazioni durante la fabbricazione di tubi con il contrassegno del DVGW.

### 7.2.2. Prelievi di controllo

Il prelievo di controllo avviene generalmente presso il produttore per mezzo di un incaricato dell'ufficio collaudi.

Se il prelievo avviene presso il commerciante o l'acquirente, deve provenire da confezioni originali del produttore.

### 7.2.3. Controlli

Tabella 4

Proprietà	Frequenza/Controllo
tenuta	controllo dell'ispezione in proprio
scambio dei materiali	controllo dell'ispezione in proprio
condizione della superficie	3 tubi per misurazione
controllo visivo della sal- datura interna ed esterna	1 m per ognuno dei 3 tubi per misurazione
prova di svasamento	uno per misurazione
prova di trazione	una prova
corrosione intercristallina	controllo dell'ispezione in proprio
piegatura a freddo	una prova
marcatatura	3 tubi per misurazione
controllo delle misure	3 tubi per misurazione

## 8. Marcatura

### 8.1. Tubi

I tubi devono essere marcati sulla superficie esterna in modo ininterrotto e duraturo con i seguenti estremi:

Marchio del DVGW completo di numero di registrazione, nome o logo del produttore, misura del tubo, numero del materiale.

### 8.2. Marcatura di sistema

Un sistema che adempie ai requisiti della guida al lavoro W 534, parte 2 del DVGW viene contrassegnato da un marchio comune DVGW.

La condizione per l'assegnazione di un marchio comune è che tutti i componenti del sistema vengano prodotti e/o distribuiti dallo stesso offerente del sistema.

## 9. Marcatura DVGW

La condizione per l'assegnazione di un marchio del DVGW con un numero di registrazione è un contratto d'ispezione del produttore con un ufficio collaudi nominato dal DVGW.

Oltre alla prova del superamento della prima ispezione riguardo ai requisiti di questa guida al lavoro, è da esibirsi un documento dell'ufficio collaudi nominato dal DVGW che certifichi l'esistenza delle condizioni personali e strumentali che assicurino la qualità della produzione.

La procedura di assegnazione del marchio del DVGW è regolata dalla guida al lavoro W 900.

Per informazioni rivolgersi al DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Postfach 52 40, 65727 Eschborn.

## Nuova prova richiesta per tubi acqua secondo DVGW

1. La presenza di scorie, che innescano un processo di corrosione (p.e. abrasione con acciai non legati) sulla superficie di tutti i tubi in acciaio inox può portare, nei campi trattati, ad una maggiore predisposizione alla corrosione perforante che nei campi non trattati.

In un definito processo corrosivo, che venga controllato da una certa concentrazione di ioni cloro e una certa capacità redox si potranno evidenziare i campi più predisposti alla corrosione attraverso una colorazione blu causata dalla pressione di ioni ferro con esacianoferrato di potassio.

### 2. Provetta

Servono 150mm di segmenti per la provetta da prelevare dal tubo in esame.

Le provette verranno esaminate nello stato come fornito.

I trucioli finiti all'interno del tubo durante l'operazione di taglio a misura dovranno essere tolti con un fazzolettino di carta.

### 3. Prodotti chimici

Acqua demineralizzata.

Esacianoferrato di potassio (III)  $K_3[Fe(CN)_6]$

Esacianoferrato di potassio (II)  $K_4[Fe(CN)_6]$

Cloruro di sodio NaCl

### 4. Strumenti

Un matraccio graduato a "L".

Diversi tappi di gomma.

Diversi vetri da orologio.

### 5. Preparazione della soluzione per la prova

10g Esacianoferrato di potassio II

10g Esacianoferrato di potassio III

585mg Cloruro di sodio (0,01 mol)

vengono in un matraccio graduato a "L" sciolti in 1000ml di acqua demineralizzata a temperatura ambiente.

### Esecuzione della PROVA

La prova verrà eseguita con tre <sup>Campioni</sup> ~~esperimenti~~ in parallelo.

Si chiuderà una delle estremità del tubo con un tappo di gomma adatto. Infine il tubo verrà messo in posizione verticale.

Si verserà la soluzione di prova fino a 10mm al di sotto dell'orlo e si coprirà l'altra estremità con un vetrino da orologio.

La soluzione rimarrà nel tubo per un'ora.

### ESITO

L'assenza di scorie innescanti la corrosione saranno provate dall'assenza di punti blu sulla superficie interna del tubo dopo aver eliminato la soluzione di prova.

## **SISTEMA PRESSFITTING+RACCORDI A PINZARE IN IMPIANTI DI DISTRIBUZIONE DI ACQUA POTABILE**

Gli elementi che compongono il sistema sono i tubi in acciaio a parete sottile e gli speciali raccordi a pinzare dotati alle estremità di camere toroidali con O-Ring di tenuta. Essi sostituiscono nel loro insieme i tubi ed i raccordi tradizionali nella realizzazione degli impianti idrosanitari.

- **Storia del sistema Pressfitting - Raccordi a pinzare**

Quando nel 1968 la Mannesmann acquistò dall'inventore, lo svedese Gunnar Larsson, i diritti per lo sfruttamento commerciale del suo nuovo sistema per unire tubi d'acciaio a parete sottile, pochi credevano seriamente che la cosa avrebbe potuto avere un grande sviluppo. Il principio era certamente valido ma la realizzazione pratica richiedeva un lungo e paziente lavoro di perfezionamento. Grazie al tenace impegno del responsabile dello sviluppo del sistema Pressfitting, Heinz Unewisse, già nel 1972 si cominciarono a vedere i primi tubi e i primi raccordi realizzati in acciaio dolce al carbonio limitatamente ai diametri compresi tra 12 mm e 35 mm. All'inizio il sistema fu accolto con prudenza ma nel giro di pochi anni il Pressfitting vinse la diffidenza degli addetti ai lavori ed ebbe uno sviluppo rapido e costante tanto che a tutt'oggi all'interno del gruppo Mannesmann la società Pressfitting di Langenfeld è quella che vanta il maggior tasso di crescita. Le richieste del mercato, in particolare tedesco, spinsero la Mannesmann a produrre nuove forme di raccordi, del tutto paragonabili nella finalità d'uso a quelli dei sistemi tradizionale, e ad aumentare i diametri tanto che nel 1983 fu completata la gamma fino al diametro 54 mm in acciaio dolce al carbonio per impianti di riscaldamento domestici. Nel frattempo la divisione di Ricerca e Sviluppo della Mannesmann Pressfitting studiava anche la possibilità di ampliare la tipologia degli impianti realizzabili, in particolare quelli per la distribuzione dell'acqua potabile, cosa che richiedeva l'adozione di un materiale sicuro per la salute degli utenti e quindi accettato dal DVGW, che potesse essere installato con facilità mediante le stesse attrezzature del programma già esistente e che fosse sufficientemente economico e durevole nel tempo. La scelta cadde su un acciaio inossidabile austenitico al

nichel cromo molibdeno quindi particolarmente resistente alle corrosioni in particolare quelle interstiziali, vaiolanti e sotto tensione altrimenti temibili nel Pressfitting: il n. 1.4401 DIN 17455, meglio noto come AISI 316. Il 1985 fu l'anno della svolta; da quel momento in alternativa agli impianti realizzati in rame, in acciaio zincato e in polietilene potevano essere installati impianti sanitari anche in acciaio inossidabile AISI 316 nei diametri compresi tra 15 e 54 mm. Da allora altri settori strategici quali il navale e l'industriale, iniziarono a prendere in considerazione il Pressfitting, sistema che consentiva e consente tuttora di abbattere i costi della manodopera realizzando impianti affidabili sotto tutti i profili e cosa che non guasta mai, anche esteticamente gradevoli. Proprio da questa nuova utenza venne forte la richiesta di allargare la gamma a diametri ancora superiori risultato che fu raggiunto nel 1989 con l'introduzione di una nuova serie di tubi e raccordi i cosiddetti "super size" in grado di coprire tutti i diametri già abitualmente in uso con i sistemi tradizionali, fino a 108 mm. Da allora si continua a lavorare per realizzare diametri ancora maggiori e a studiare materiali nuovi anche per l'O-ring in gomma butile, per applicazioni finora precluse nei settori chimico, farmaceutico e petrolifero.

- **Funzionamento del sistema**

Il sistema a stringere basa l'efficienza delle giunzioni sulla deformazione controllata del raccordo e del tubo oltre che della sede toroidale dell'O-Ring. Gli spessori che variano in funzione del diametro e del tipo di acciaio, sono stati calcolati al fine di garantire da una parte la resistenza meccanica della struttura costituita dai tubi e dai raccordi che è continuamente soggetta a forze di ogni tipo (peso, pressione, colpi d'ariete etc.) dall'altra l'elasticità delle sezioni che devono deformarsi compiutamente allorché si esegue la pressatura con l'apposita pinza.

Nella realizzazione di un impianto le tubazioni vengono collegate per mezzo dei raccordi Pressfitting. Il tubo viene inserito fino alla battuta interna del raccordo che, a sua volta, viene compresso con l'apposita pinza all'altezza dell'O-Ring.

La deformazione permanente così ottenuta garantisce la tenuta meccanica della giunzione e l'O-Ring la sua ermeticità.

• **ESEMPIO DI IMPIEGO DEL SISTEMA PRESSFITTING  
CON DIAMETRI DAL 15 AL 54 mm.**

**Fig. 1**

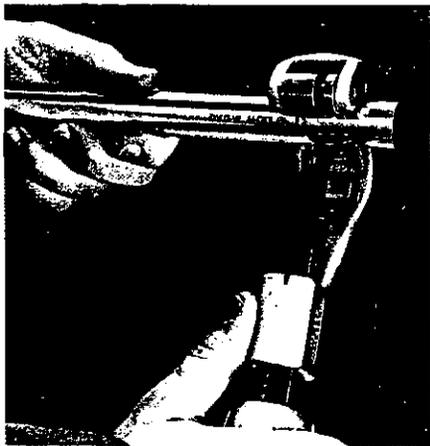


Fig. 19 Dopo aver preso le misure, si taglia il tubo alla lunghezza voluta servendosi di un seghetto o di un tagliatubi.

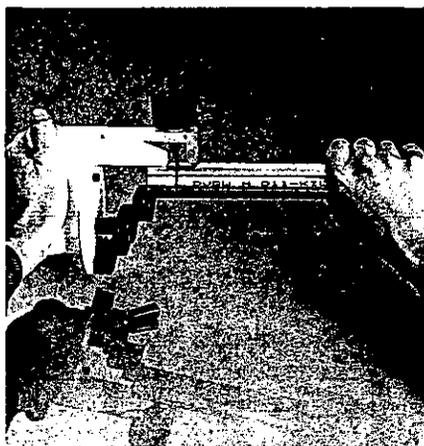


Fig. 20 Marcatura della profondità di penetrazione del tubo nel raccordo. Con l'apposito attrezzatura marcatore in opzione si marca in modo veloce e sicuro la profondità d'imbocco prima ancora di assemblare il giunto.



Fig. 21 Sbavatura all'esterno e smussatura nelle estremità dei tubi tagliati a misura con un sbavatore esterno apposito. Eseguire la sbavatura con cura per non danneggiare gli O-ring nell'introdurre i tubi nei raccordi.



Fig. 22 Controllare i raccordi per la presenza degli O-ring di tenuta. I raccordi eventualmente sporchi all'interno devono essere puliti. L'O-ring non deve essere esposto all'azione di grassi od oli.



Fig. 23 Introdurre il tubo nel raccordo con leggera rotazione e spingendo contemporaneamente in senso assiale fino alla battuta. Nel caso di manicotti passanti, senza arresto, si introduce il tubo per 25-40 mm, secondo il diametro. (Marcare la profondità di introduzione!)

Il tubo non va angolato all'atto dell'introduzione per non danneggiare l'O-Ring.

Una insufficiente penetrazione del tubo nel bicchiere può compromettere la resistenza meccanica del giunto! Se si incontrano difficoltà ad introdurre il tubo, lo si lubrifici con acqua, pura o saponata.

Non si impieghi olio o grasso.

I tubi vanno convenientemente posizionati prima di procedere alla pinzatura dei raccordi.

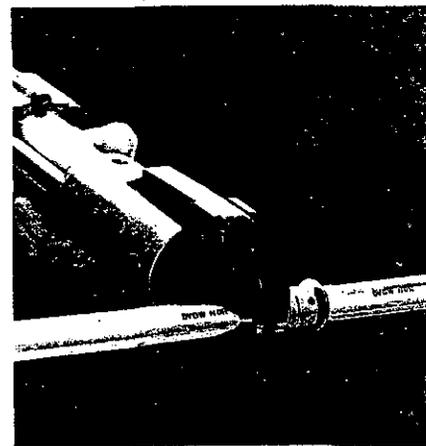


Fig. 24 Pressatura dei raccordi e tubi con l'apposita pinza elettromeccanica (o idraulica). Grazie alla corsa automatica è garantita l'uniformità del lavoro. Lasciare il tempo alla pinza di portare a termine la pressatura.

• **ESEMPIO DI IMPIEGO DEL SISTEMA PRESSFITTING  
CON DIAMETRI DAL 76,1 AL 108 mm.**

**Fig. 2**

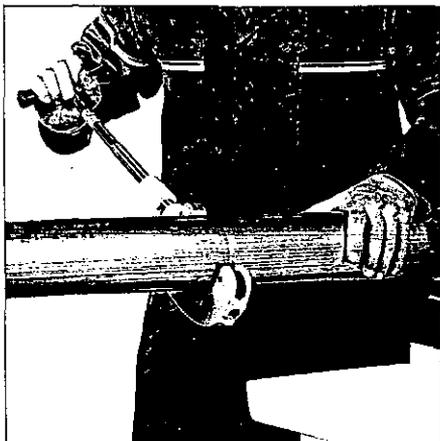


Fig. 14 Dopo avere preso la misura, il tubo viene tagliato per mezzo di un tagliatubi o di un seghetto a denti fini. Gli attrezzi da taglio devono essere adatti al tubo di acciaio inossidabile.

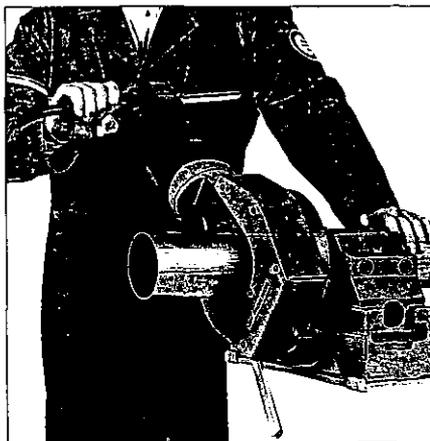


Fig. 15 Particolarmente adatte ai lavori di taglio dei tubi sono le seghe con motore elettrico. I dischi devono essere adatti per acciaio inossidabile.

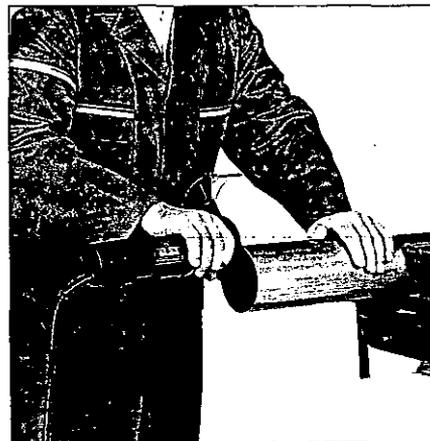


Fig. 16 L'estremità del tubo, dopo il taglio, deve essere accuratamente sbavata, all'interno e, specialmente all'esterno. Un residuo di bava, infatti, potrebbe danneggiare l'O-Ring e compromettere l'ermeticità del giunto. La Mannesmann offre in opzione lo sbavatore motorizzato RE 1 che permette una sbavatura veloce e sicura internamente ed esternamente al tubo.

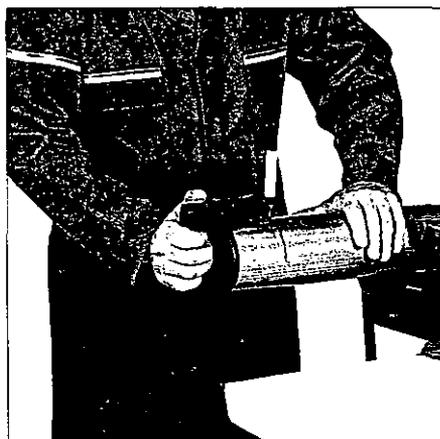


Fig. 17 Marcatura della profondità di penetrazione del tubo nel raccordo. Con l'apposito attrezzo marcatore in opzione si marca in modo veloce e sicuro la profondità d'imbocco prima ancora di assemblare il giunto.

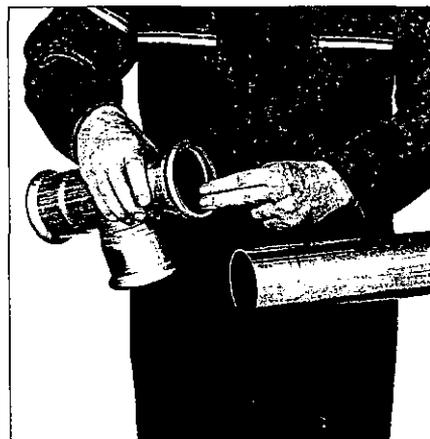


Fig. 18 Prima di assemblare il giunto si verifica la presenza dell'O-Ring nella camera toroidale. Con la stessa operazione si lubrifica opportunamente l'O-Ring. Come lubrificante si usi acqua, semplice o saponata. **Non si usi mai olio o grasso.**



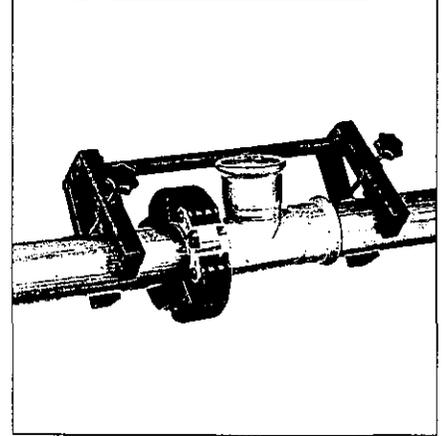
Fig. 19 Imboccare il tubo nel raccordo con leggera rotazione e contemporanea pressione in senso assiale fino all'arresto. La marcatura fatta precedentemente con l'apposito attrezzo permette di verificare la corretta penetrazione del tubo. Se il tubo non entra fino all'arresto, la pressatura non riuscirà a dare al giunto la resistenza che deve avere.



**Fig. 20 La morsa**  
La morsa serve a bloccare in posizione tubo e raccordi finché non è stata effettuata la pressatura. In questo modo si ha la garanzia che non vi saranno spostamenti accidentali mentre si posiziona la ganascia.



**Fig. 21** Si apre la ganascia estraendo la spina di chiusura, poi si avvolge la ganascia attorno alla camera toroidale del raccordo. La scanalatura della ganascia deve abbracciare la camera dell'O-Ring. La guancia di destra della ganascia deve sempre essere rivolta dalla parte del tubo, altrimenti non è possibile chiudere la ganascia.



**Fig. 22** Si chiude la ganascia e la si blocca con la spina di chiusura. E' possibile ruotare la ganascia dopo che è stata chiusa, fino alla posizione più comoda per applicare il cilindro idraulico.



**Fig. 23 Pressatura**  
Il cilindro si fissa ad incastro sulla ganascia. Solo quando esso è incastrato correttamente è possibile azionare la leva e dare inizio alla pressatura.

**N. B.:** Un automatismo, detto ZWAG, fa sì che sia possibile interrompere il ciclo di pressatura se la pressione idraulica non ha ancora raggiunto il 20% del valore massimo. Quando la pressione ha superato il 20%, il ciclo continua automaticamente anche se si lascia la leva fino a raggiungere la pressione massima. Questo garantisce che tutte le pressature siano fatte in modo uguale.

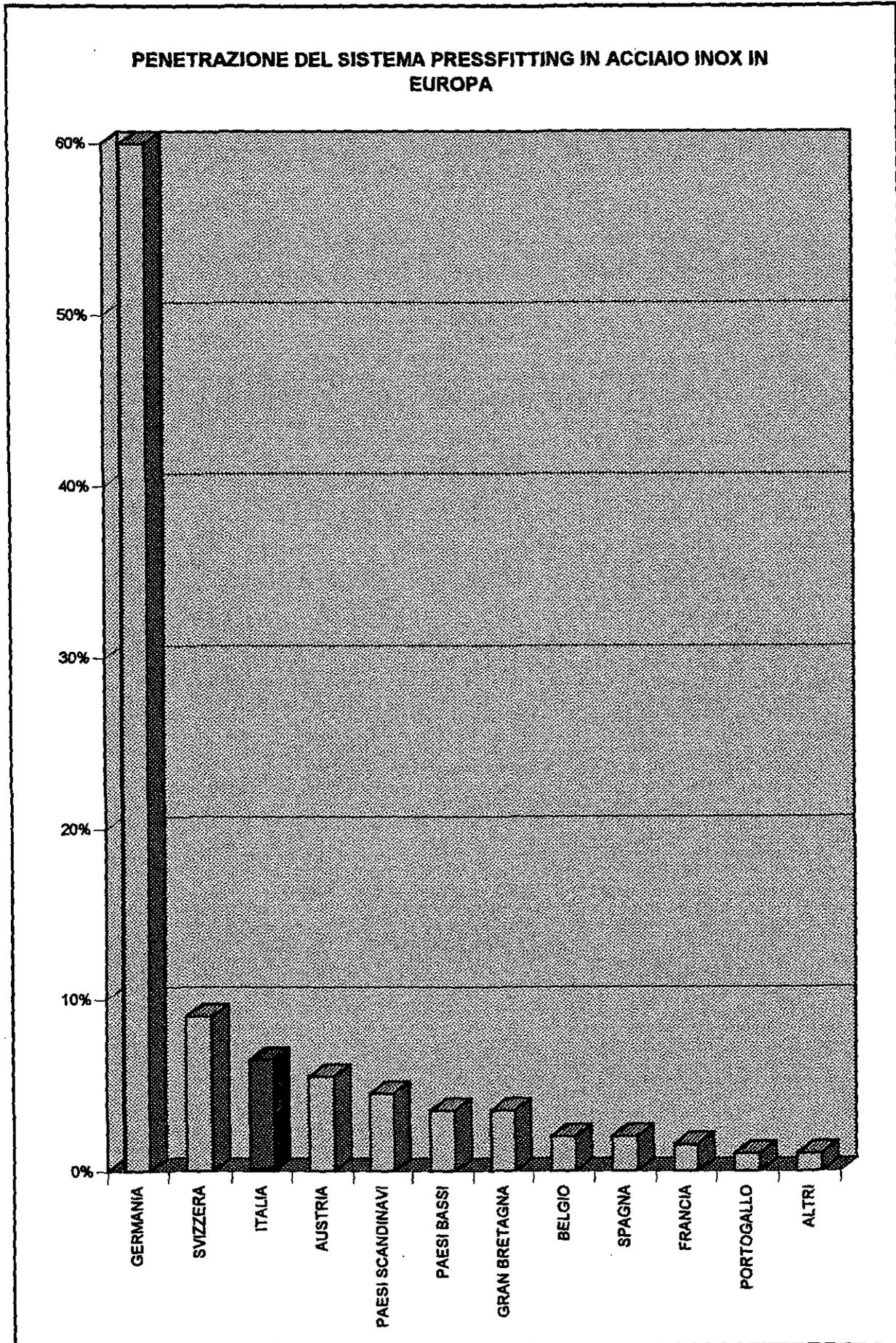
- **Diffusione del sistema in acciaio inossidabile negli impianti di distribuzione per l'acqua potabile**

Come si può osservare dalla tavola grafica n. 1, il sistema Pressfitting-raccorderia a pinzare è largamente presente in Germania, con l'Italia che si colloca al terzo posto, ma a notevole distanza.

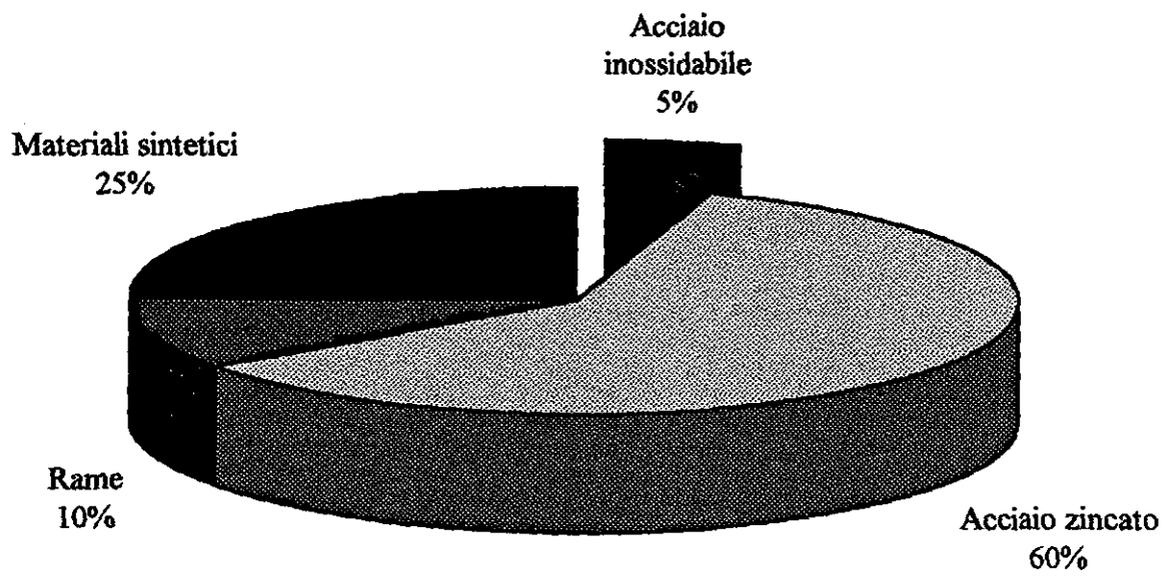
Nel mercato italiano poi, l'incidenza percentuale di diffusione dell'acciaio inossidabile negli impianti idrosanitari è ancora poco significativa (tav. 2).

L'alto prezzo del prodotto, giustificato dall'altissima qualità dei materiali, trae in inganno diversi addetti ai lavori che non valutano in maniera corretta il risparmio sul costo della manodopera (tav. 3) dettato dalla velocità di esecuzione e dalla pressoché inesistente manutenzione richiesta dal prodotto nel suo intero ciclo vitale. In Italia inoltre pesa una certa carenza legislativa relativamente ai materiali adottabili per la realizzazione di impianti di riscaldamento e sanitari per cui esiste una concorrenza molto forte da parte di prodotti di mediocre qualità talvolta non accettati in altri paesi all'avanguardia nel settore. Da ultimo bisogna citare la diffidenza di cui è stato oggetto per un certo periodo l'O-ring in gomma butile ed in particolare la sua resistenza agli agenti atmosferici (invecchiamento) che ora è invece data per acquisita.

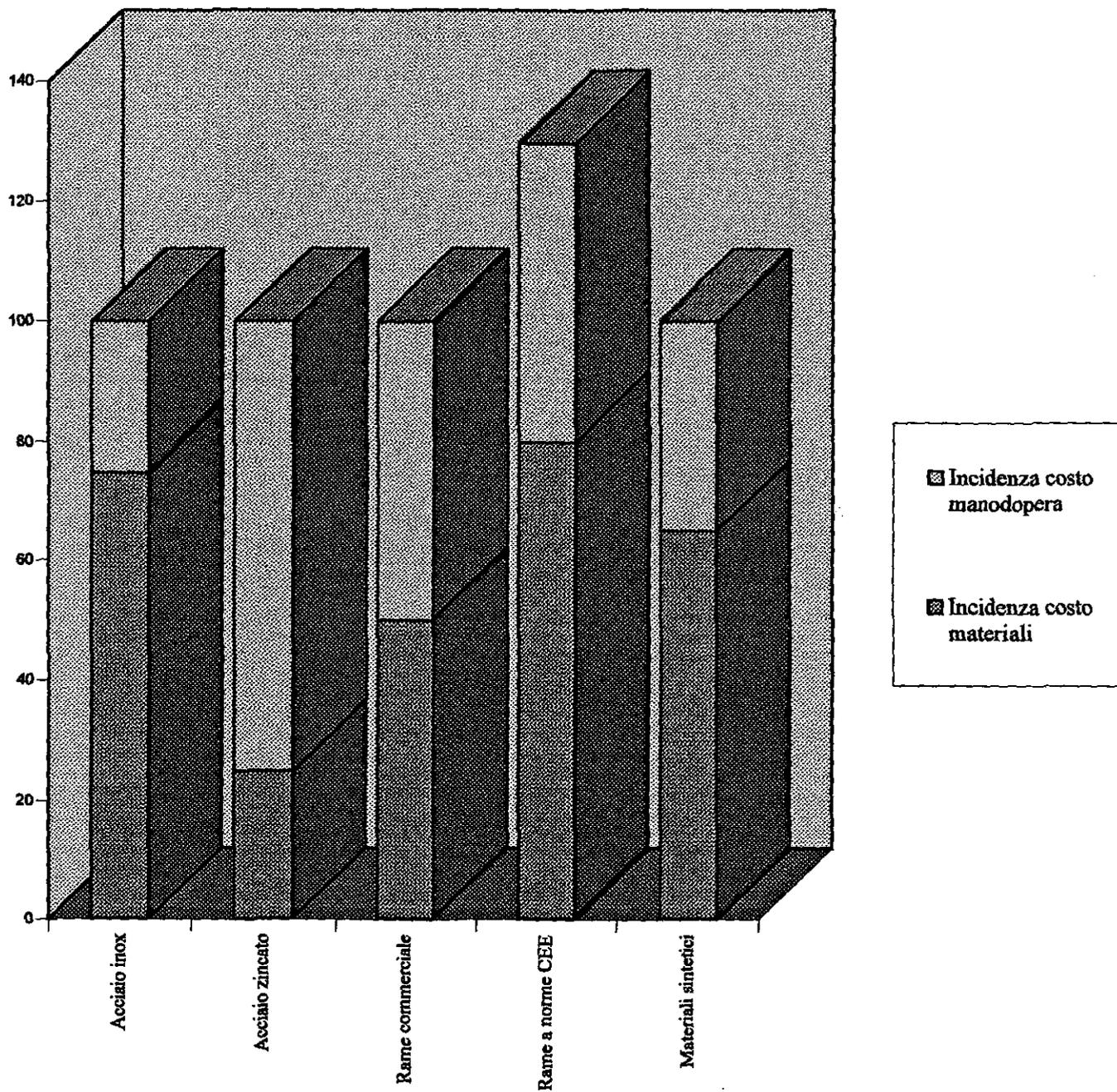
Ciononostante il trend di vendite del sistema Pressfitting-raccordi a pinzare è in continua costante ascesa, con una decisa impennata negli ultimi anni (tav. 4).



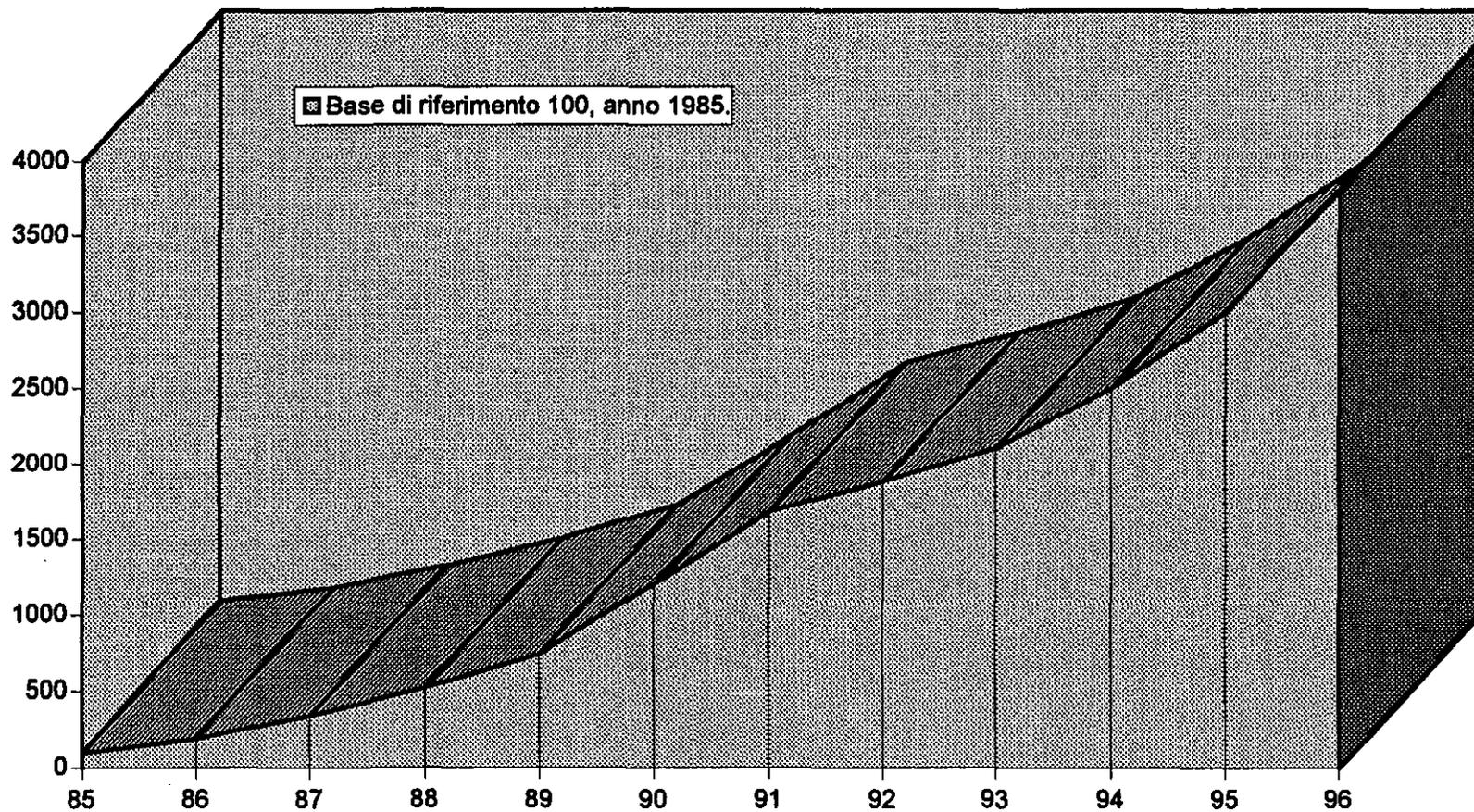
## IMPIANTI IDROSANITARI IN ITALIA



INCIDENZA COSTI MATERIALE E MANODOPERA AD IMPIANTO FINITO



# TREND VENDITE DI RACCORDI PRESSFITTING IN ITALIA



- **Il raccordo Pressfitting in acciaio inossidabile**

Le tubazioni e i raccordi per il programma sanitario sono realizzati in acciaio inossidabile DIN 17455 n. 1.4401 equivalente ad AISI 316. Esso è un acciaio inossidabile austenitico al cromo nichel con presenza di molibdeno che conferisce alla lega una spiccata capacità di resistere alla corrosione vaiolante (pitting corrosion), alla corrosione interstiziale e alla corrosione sotto tensione. Le caratteristiche meccaniche sono analoghe a quelle degli acciai al cromo nichel tipo AISI 304 ma risultano migliori nel caso di temperature mediamente elevate. Gli elementi che conferiscono le caratteristiche principali sono presenti nelle seguenti percentuali: Cromo 16÷18,50, Nichel 10,50÷13,50, Molibdeno 2,00÷2,50, Carbonio 0,06 max. Per quanto concerne le caratteristiche fisiche sottolineiamo: il modulo elastico a trazione e a compressione che sono equivalenti e risultano essere pari a valori di circa 19700 kgf/mm<sup>2</sup>, il modulo elastico a torsione che vale all'incirca 7700 kgf/mm<sup>2</sup> e il coefficiente di Poisson pari a 0,28 circa. Il peso specifico è indicativamente pari a 8g/cm<sup>3</sup> quindi lievemente superiore a quello degli altri acciai inossidabili non austenitici, mentre molto differenti sono la conducibilità termica, il coefficiente di dilatazione termica, e la resistività elettrica rispetto a quelli degli acciai legati non inossidabili. Più precisamente il coefficiente di conducibilità termica è molto ridotto (circa 0,039 cal/cm s °C) mentre il coefficiente di dilatazione lineare risulta sensibilmente maggiore (17,5 10<sup>-6</sup>/°C). Anche la resistività elettrica è decisamente maggiore in questo acciaio che in quelli legati pari a 74,0 μΩ cm a 20°C.

L'O-ring è realizzato in gomma butile che è un copolimero dell'isobutilene con una piccola quantità di isoprene ottenuto con polimerizzazione cationica in soluzione a bassissima temperatura. La più importante proprietà della gomma butile è la sua impermeabilità ai gas di gran lunga superiore a quella delle altre gomme usuali. Molto interessante è la maggior resistenza agli agenti atmosferici, cioè all'invecchiamento, all'ozono, agli agenti chimici e al calore. La resistenza all'invecchiamento è particolarmente importante nel sistema Pressfitting perché presuppone una memoria del materiale che nel tentativo di riprendere la forma originaria garantisce la tenuta degli impianti per decine di anni. L'aderenza dei vulcanizzati della gomma butile alle superfici dei vari materiali è molto superiore a quella dei vulcanizzati delle altre gomme, specie in presenza di acqua (cioè la gomma di butile ha scarsa scivolosità), solo discreta è invece la resistenza all'abrasione. Altre proprietà della gomma butile sono una buona resistenza alla lacerazione ma una scarsa resistenza alla combustione. Le caratteristiche meccaniche più salienti sono: la

resistenza media alla trazione pari a 1546 psi (1,06 Mpa), allungamento medio 120%, durezza 78 Shore A.

Nel tempo i materiali non hanno subito cambiamenti significativi. Le innovazioni hanno riguardato la costante introduzione di nuovi raccordi sia nella forma che nei diametri al fine di rendere il sistema Pressfitting realmente alternativo ai metodi tradizionali ed il costante miglioramento della pinza più affidabile versatile e ottemperante di volta in volta agli aggiornamenti tecnici che la Legge imponeva, da ultima la direttiva CE.

- **Impatto ambientale del sistema**

Il sistema si basa sull'utilizzo di materiali a bassissimo impatto ambientale perchè hanno un ciclo vitale lunghissimo, non rilasciano sostanze solide, liquide o gassose (vedi aspetto sanitario) e sono per la gran parte riciclabili. Le giunzioni vengono realizzate mediante una pinza elettromeccanica che produce una deformazione controllata della sede toroidale dell'O-Ring in pochi secondi senza produzione di scintille, calore, fumo, gas, trucioli e senza necessitare di liquidi lubrificanti o antipolvere.

- **Le dilatazioni termiche**

L'acciaio inossidabile ha un coefficiente di dilatazione termica appena superiore a quello dell'acciaio dolce a basso contenuto di carbonio, paragonabile a quello del rame e nettamente inferiore a quello del polietilene. Al fine di evitare problemi causati da dilatazioni termiche anche molto accentuate negli impianti sanitari e con ampie escursioni tecniche in genere bisogna adottare tutte le precauzioni prescritte nei manuali tecnici. Nel programma Pressfitting è comunque presente una gamma di compensatori di dilatazione in acciaio inossidabile AISI 316.

- **L'isolamento termico**

Si può adottare qualsiasi materiale purchè rispondente alle norme attualmente in vigore per il contenimento dei consumi energetici. Va solo posta attenzione alla superficie dell'isolante a contatto con l'acciaio inossidabile, affinchè quest'ultima non contenga un tenore di cloruri idrosolubili superiori allo 0,05% in peso.

- **Limiti applicativi del sistema**

I limiti più evidenti del Pressfitting sono da ricercarsi negli ambiti seguenti:

- impossibilità di operare con diametri superiori a 108 mm
- impossibilità di utilizzare i tubi ed i raccordi del sistema Pressfitting per usi particolari ove siano richiesti spessori maggiori incompatibili con il sistema a stringere (vedi trasporto del gas).
- impossibilità di trasportare prodotti alimentari e non, che possono essere inquinati da prodotti di fermentazione e/o depositi di disinfettante che potrebbero formarsi all'interno dell'impianto se non opportunamente lavato data la particolare conformazione del raccordo.

L'O-Ring in gomma butile non può essere utilizzato in presenza di prodotti derivati dal petrolio nè di idrocarburi aromatici, teme inoltre alcuni acidi forti. La temperatura massima non deve superare i 110°C mentre la pressione massima per cui è omologata è funzione dei diametri ed è compresa tra 12 e 40 Bar per gli impieghi navali ed il doppio per impieghi civili (vedi certificazioni R.I.N.A. e altre).

• **REALIZZAZIONI SIGNIFICATIVE CON IL SISTEMA PRESSFITTING+RACCORDI A PINZARE**

**IMPIANTI CIVILI**

<b>Stazione Centrale</b>	- Milano	Impianto riscaldamento
<b>Caserma Vigili del Fuoco</b>	- Milano	Impianto idro-sanitario
<b>Palazzo TAMOIL</b>	- Milano	Impianto riscaldamento e condizionamento
<b>IACP Quartiere Gallaratese</b>	- Milano	Impianto idrosanitario per 300 appartamenti
<b>IACP Legnano</b>	- Milano	Impianto riscaldamento per 9 palazzine
<b>Comune di Milano</b>	- Milano	Impianto riscaldamento
<b>SACMA Italmprese</b>	- Milano	Impianto riscaldamento e condizionamento
<b>Pirelli-Palazzina Uffici</b>	- Milano	Impianto condizionamento
<b>ABB</b>	- Sesto S. Giovanni/Mi	Impianto condizionamento
<b>STAR</b>	- Agrate Brianza/Mi	Impianto condizionamento
<b>Istituto Tecnico Belotti</b>	- Bergamo	Impianto riscaldamento
<b>SIAD Società Italiana Acetilene e Derivati</b>	- Bergamo	Impianto condizionamento
<b>Freni Brembo</b>	- Bergamo	Impianti condizionamento, aria compressa ed antincendio
<b>BANCA MONTE DEI PASCHI</b>		
<b>sede centrale</b>	- Siena	Impianto condizionamento e riscaldamento
<b>Albergo VILLA S.PAULO</b>	- S. Gimignano (Si)	Impianto condizionamento e riscaldamento
<b>ALLEANZA Assicurazioni</b>	- Firenze	Impianto condizionamento e riscaldamento
<b>Piscina Comunale</b>	- Poggibonsi (Si)	Impianto condizionamento - riscaldamento e idrosanitario
<b>Albergo CALIFORNIA</b>	- Corfino-Garfagnana/Lu	Impianto condizionamento e riscaldamento
<b>CORTE DEI CONTI</b>	- Firenze	Impianto condizionamento
<b>UNION S.P.A.</b>	- Masserano (Bi)	Impianto industriale
<b>IACP</b>	- Bolzano	Impianto idrosanitario
<b>IACP</b>	- Padova	Impianto idrosanitario
<b>IACP</b>	- Rovigo	Impianto idrosanitario
<b>IACP</b>	- Verona	Impianto idrosanitario
<b>IACP</b>	- Brescia	Impianto idrosanitario
<b>IACP</b>	- Bologna	Impianto idrosanitario
<b>RIV-SKF</b>	- Torino	Impianto condizionamento
<b>UNIVERSITA' DI BARI</b>	- Bari	Impianto condizionamento e idrosanitario
<b>STATO VATICANO</b>	- S. Vaticano	Impianto condizionamento e idrosanitario
<b>REP. MANUT.PRESIDENZA DELLA REPUBBLICA</b>	- Roma	Sistema per riscaldamento, condizionamento e sanitario
<b>Centro Commerciale</b>	- Roma	Impianto antincendio e idrosanitario
<b>Hotel EUROPA</b>	- Vicenza	Impianto riscaldamento da 800.000 Cal/h
<b>Albergo BELVEDERE</b>	- S. Caterina V. (So)	Impianto riscaldamento
<b>Residence PANORAMA</b>	- Como	Impianto riscaldamento
<b>Hotel VICTORIA</b>	- Menaggio (Co)	Impianto riscaldamento
<b>Residence TUBLAT</b>	- Piancavallo (Ud)	Impianto riscaldamento per 520 appartamenti
<b>CASA DI RIPOSO</b>	- Sale (Al)	Impianto riscaldamento da 500.000 Cal/h
<b>I.P.E.A</b>	- Bolzano	Impianto riscaldamento per 390 appartamenti

## IMPIANTI NAVALI

<b>FINCANTIERI</b>	<b>Cantieri di:</b> Ancona, Castellammare di Stabia, Genova, Monfalcone, Muggiano, Palermo, Trieste
<b>SESTRI CANTIERE NAVALE</b>	<b>Cantiere di:</b> Genova Sestri
<b>F.LLI ORLANDO</b>	<b>Cantiere di:</b> Livorno
<b>NUOVI CANTIERI APUANI</b>	<b>Cantiere di:</b> Marina di Carrara
<b>INMA</b>	<b>Cantiere di:</b> La Spezia
<b>BENEDETTI</b>	<b>Cantiere di:</b> Viareggio

Per conto delle seguenti committenti **COSTA CROCIERE - P. & O. - CARNIVAL - GRIMALDI GROUP - COMPAGNIA SARDA DI NAVIGAZIONE - MEDITERRANEAN SHIPPING - MARINA MILITARE - SNAM TRASPORTI MARITTIMI - FINAVAL ETC.**

### APPLICAZIONI:

Impianti idro-sanitario - acqua potabile - aria compressa - idrici antincendio sprinkler - acqua raffreddamento macchinari

*Seguono pag.1/3 - 2/3 e 3/3 delle Certificazioni REGISTRO ITALIANO NAVALE (R.I.N.A.) e successive pag. 19 e 20 relative alle prove di pressione e scoppio.*



## REGISTRO ITALIANO NAVALE

### DICHIARAZIONE N. MAC/031/94

A richiesta della Spett.le Ditta CHIBRO COMO S.p.a., Via Roscio, 19 - 22100 COMO (Monte Olimpino), si dichiara che i sottoelencati raccordi, in seguito all'esame della documentazione inviata ed al buon esito delle prove di tipo effettuate, sono accettabili per l'impiego a bordo di navi ed altre unità classificate dal RINA alle condizioni di seguito riportate.

#### DESCRIZIONE DEL PRODOTTO

Raccordi Pressfitting

#### DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Per i raccordi di tubi aventi diametro esterno da 15 mm a 54 mm: catalogo Pressfitting System - Edizione 1992.

Per gli altri raccordi: disegni Edelstahlrohr n. 2.0.107, 2.0.200, 2.0.202, 2.0.203, 2.0.205, 2.0.206, 2.0.207, 2.0.208, 2.0.209, 2.0.210.

#### MATERIALI

Acciaio inossidabile tipo AISI 316

#### CONDIZIONI DI PROGETTO

Diametro esterno tubo (mm)	Pressione massima ammissibile (bar)
15	40
22	25
28	25
35	16
42	16
54	16
76.1	16
88.9	12.5
108	12

RINA esplica le sue mansioni a mezzo di funzionari o di altre persone che giudica munite di ogni requisito di idoneità e competenza per i compiti loro affidati. Nella sua qualità di perito, il RINA emette esclusivamente opinioni e valutazioni di conformità alle proprie norme regolamentari e non assume in alcun caso (ove pure i suoi pareri fossero richiesti in materia non espressamente regolamentata) le responsabilità facenti capo ai progettisti, agli armatori, ai costruttori, ai collaudatori, ai cantieri e ad ogni persona od Ente tenuti per legge o per contratto a fornire garanzie, soggetti tutti che mantengono inalterate le rispettive responsabilità, anche nel caso di interventi consultivi del RINA. Per quanto attiene ai compiti direttamente assunti e svolti al di fuori di quelli delegati e citati qui di seguito, il RINA risponde a termini di legge. Nell'ambito dei compiti che al RINA fanno capo in qualità di delegato del Ministero della Marina Mercantile, eventuali responsabilità possono essere ravvisate solo in caso di dolo o colpa grave dei funzionari o dei soggetti incaricati. In nessun caso la responsabilità del RINA, quale che sia l'entità del danno lamentato, potrà eccedere un valore pari a 5 volte la misura dei compensi percepiti dal RINA come corrispettivo dei servizi prestati o delle prestazioni rese, dai quali o dalle quali sia derivato il danno lamentato.



## REGISTRO ITALIANO NAVALE

### DICHIARAZIONE N. MAC/031/94

Temperatura massima d'esercizio: 95 °C

#### CAMPO DI IMPIEGO

I raccordi sono accettabili per i seguenti impieghi:

- tubolature acqua raffreddamento macchinari;
- tubolature aria compressa;
- tubolature acqua calda e fredda di impianti sanitari;
- tubolature acqua potabile;
  
- tubolature di impianti idrici antincendio e sprinkler

#### CONDIZIONI DI ACCETTAZIONE

- L'installazione deve essere effettuata in conformità alle istruzioni del costruttore.
- Devono essere impiegati esclusivamente per tubi in acciaio inox a norme DIN 17455 no. 1.4571 o 1.4401 aventi le seguenti dimensioni:

Diametro esterno (mm)	Spessore (mm)
15	1.0
22	1.2
28	1.2
35	1.5
42	1.5
54	1.5
76.1	2.0
88.9	2.0
108	2.0

- La validità della presente dichiarazione presuppone che il costruttore dei suddetti prodotti mantenga, sotto la propria responsabilità, le modalità della produzione conformi ai disegni/documentazione in possesso della Direzione Generale del RINA.
- L'accettazione a bordo di navi ed altre unità classificate dal RINA dei suddetti prodotti è subordinata alla effettuazione con buon esito delle operazioni di collaudo regolamentare.
- Il RINA si riserva di annullare la presente dichiarazione in seguito a modifiche del progetto non comunicate al RINA e nel caso di variazioni delle norme del RINA.

Il RINA esplica le sue mansioni a mezzo di funzionari o di altre persone che giudica munite di ogni requisito di idoneità e competenza per i compiti loro affidati. Nella sua qualità di perito, il RINA esprime esclusivamente opinioni e valutazioni di conformità alle proprie norme regolamentari e non assume in alcun caso (ove pure i suoi pareri fossero richiesti in materia non espressamente regolamentata) le responsabilità facenti capo ai progettisti, agli armatori, ai costruttori, ai collaudatori, ai cantieri e ad ogni persona od Ente tenuto per legge o per contratto a fornire garanzie, soggetti tutti che mantengono inalterate le rispettive responsabilità, anche nel caso di interventi consultivi del RINA. Per quanto attiene ai compiti direttamente assunti e svolti al di fuori di quelli delegati citati qui di seguito, il RINA risponde a termini di legge. Nell'ambito dei compiti che al RINA fanno capo in qualità di delegato del Ministero della Marina Mercantile, eventuali responsabilità possono essere ravvisate solo in caso di dolo o colpa grave dei funzionari o dei soggetti incaricati: in nessun caso la responsabilità del RINA, quale che sia l'entità del danno lamentato, potrà eccedere un valore pari a 5 volte la misura dei compensi percepiti dal RINA come corrispettivo dei servizi prestati o delle prestazioni rese, dai quali o dalle quali sia derivato il danno lamentato.



## REGISTRO ITALIANO NAVALE

### DICHIARAZIONE N. MAC/031/94

- La presente dichiarazione annulla la precedente dichiarazione N. MAC/191/93 del 1.12.1993
- La presente dichiarazione è valida fino al 30.4.1998.

Si rilascia la presente dichiarazione da valere per gli usi consentiti dalle Leggi ed Atti di Governo vigenti.

REGISTRO ITALIANO NAVALE

Genova, 12 Aprile 1994

In/

**PROVA E RISULTATI**

**TESTING AND RESULTS**

1a PROVA - Campioni Ø 15 - 22 - 28 - 35 su macchina prima descritta con fluido olio minerale

1st TEST - Samples size 15 - 22 - 28 - 35 with already described machine and mineral oil as medium

Diametro campione Size of sample	Numero campione No. of sample	Pressione d'esercizio Operating pressure bar	Pressione di prova Test pressure bar	Pressione di sfilamento Burst pressure bar
DN 15	1	40	160	250
DN 15	2	40	160	240
DN 22	1	25	100	160
DN 22	2	25	100	150
DN 28	1	25	100	110
DN 28	2	25	100	120
DN 35	1	16	64	70
DN 35	2	16	64	70

2a PROVA - Campioni Ø 42 - 54 su macchina prima descritta con fluido acqua

2nd TEST - Samples size 42 - 54 with already described and water as medium

DN 42	1	16	64	78
DN 42	2	16	64	80
DN 54	1	16	64	78
DN 54	2	16	64	80

La prova idrostatica, con fluido olio minerale e acqua, è stata effettuata tenendo sotto pressione i campioni per circa 10/15 minuti alla pressione di prova. Per tutti i campioni non sono state rilevate perdite e deformazioni.

The hydrostatic test was carried out with mineral oil resp. water for a time of 10-15 minutes at test pressure. No leak or deformation could be noticed in any of the samples.

**PROVA E RISULTATI**

**TESTING AND RESULTS**

PROVA - Campioni Ø 76,1 - 88,9 108 con pompa a pressione e con fluido acqua

TEST - Samples sizes 76,1 - 88,9 - 108 with hydraulic jack and water as medium

Diametro campione Size of sample	Numero campione No. of sample	Pressione d'esercizio Operating pressure bar	Pressione di prova test pressure bar	Pressione di sfilamento Burst pressure bar
Ø 76,1	1	16	64	72
Ø 76,1	2	16	64	76
Ø 88,9	1	12,5	50	53
Ø 88,9	2	12,5	50	56
Ø 108	1	12	48	56
Ø 108	2	12	48	54

La prova idrostatica è stata effettuata tenendo sotto pressione i campioni per circa 15 minuti alle pressioni come sotto riportate.

Hydrostatic test has been carried out in keeping samples approx; 15 minutes at the pressures underneath quoted.

**1° Campione - Sample no. 1**

**2° Campione - Sample no. 2**

Ø 76,1	40 - 48 - 64 - 72	bar	40 - 48 - 64 - 72	bar
Ø 88,9	40 - 50 - 53	bar	40 - 50 - 56	bar
Ø 108	20 - 40 - 48 - 50 - 56	bar	40 - 50 - 54	bar

Per tutti i campioni non sono state rilevate perdite e deformazioni.

No sample evidenced any leak or alteration.