

Le reti intelligenti per il trasporto delle acque

M. Piana

◆ Acquedotti romani ◆

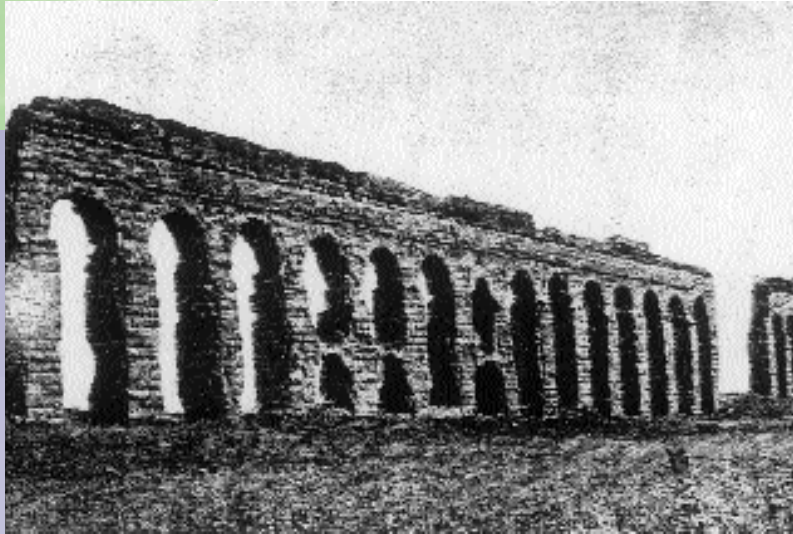
Le rovine degli acquedotti in tutte le parti dell'impero dimostrano l'importanza data dai romani agli approvvigionamenti idrici.

Occorrevano immense quantità d'acqua per le grandi terme e per le fontane pubbliche, senza parlare di quella per gli usi domestici, in città anche molto popolate: è stato calcolato ad esempio che ogni giorno venivano portati a Roma un milione e seicentomila litri d'acqua attraverso gli undici grandi acquedotti.

I romani conoscevano la semplice legge idrostatica per cui l'acqua sale a un medesimo livello in tubi chiusi e così nelle città l'acqua era distribuita agli edifici pubblici, alle fontane nelle strade, ai negozi e alle abitazioni a piano terra con tubi di piombo (o qualche volta di terracotta o di legno) proveniente da vaste cisterne e luoghi di raccolta adatti per regolare le provviste.

Solo in casi eccezionali la condotta principale era sifonata (cioè fatta scendere e salire) per attraversare valli profonde; l'acqua veniva allora immessa in nove o dieci tubi di piombo di piccolo diametro (circa 4 centimetri) fra le cisterne poste su ciascun lato, dato che i romani non erano in grado di realizzare tubi di ferro fuso o di utilizzare altri sistemi per evitare la grande pressione che si determinava.

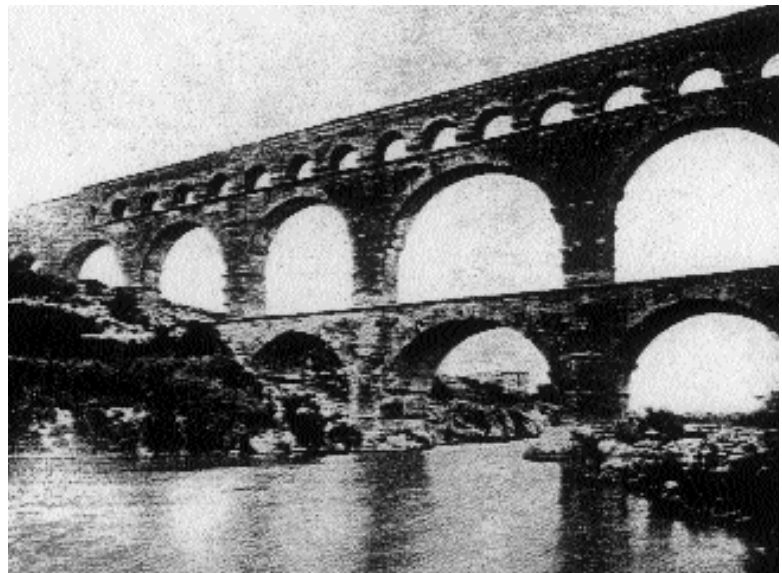
Generalmente, anche se si trattava di una soluzione assai onerosa, si dimostrava più pratico costruire viadotti ad archi sovrapposti di pietra e di cemento, alle volte alti 30 metri, sopra i burroni e le depressioni, e scavare le gallerie per attraversare gibbosità di terra o di roccia, o altrimenti mantenere più semplicemente una leggera ma costante pendenza alla condotta del-



l'acqua o specus, dalle sorgenti o dalle prese, fino al luogo di raccolta dove cominciava la distribuzione. Attraverso le pianure, soprattutto nei dintorni delle città, gli acquedotti dovevano essere costruiti abbastanza alti per ottenere una sufficiente pressione nelle condutture, mentre l'uso degli archi permetteva di non ostacolare il traffico. Le condotte d'acqua variavano nelle dimensioni a seconda delle necessità, dalla larghezza di 45 centimetri fino a oltre un metro, e con un'altezza da 60 centimetri a oltre 2 metri, ed erano rivestite con un cemento idraulico molto resistente.

L'Aqua Marcia a Roma (144 a.C.) fa parte di un triplice sistema di acquedotti che, dalla Porta di S. Lorenzo, trasportava l'Aqua Marcia, l'Aqua Tepula (127 a.C.) e l'Aqua Julia (33 a.C.), soluzione economica, in cui molte condotte una sopra l'altra vengono sopportate da una serie di archi.

L'Aqua Claudia a Roma (38-52 d.C.) costruita dagli imperatori Caligola e Claudio, portava l'acqua a Roma da Subiaco, distante 72 chilometri è del tipo a grandi arcate, di cui restano tuttora grandi pezzi nella campagna romana. Il Pont du Gard a Nîmes, Francia (c. 14 d.C.) fa parte di un magnifico acquedotto lungo oltre



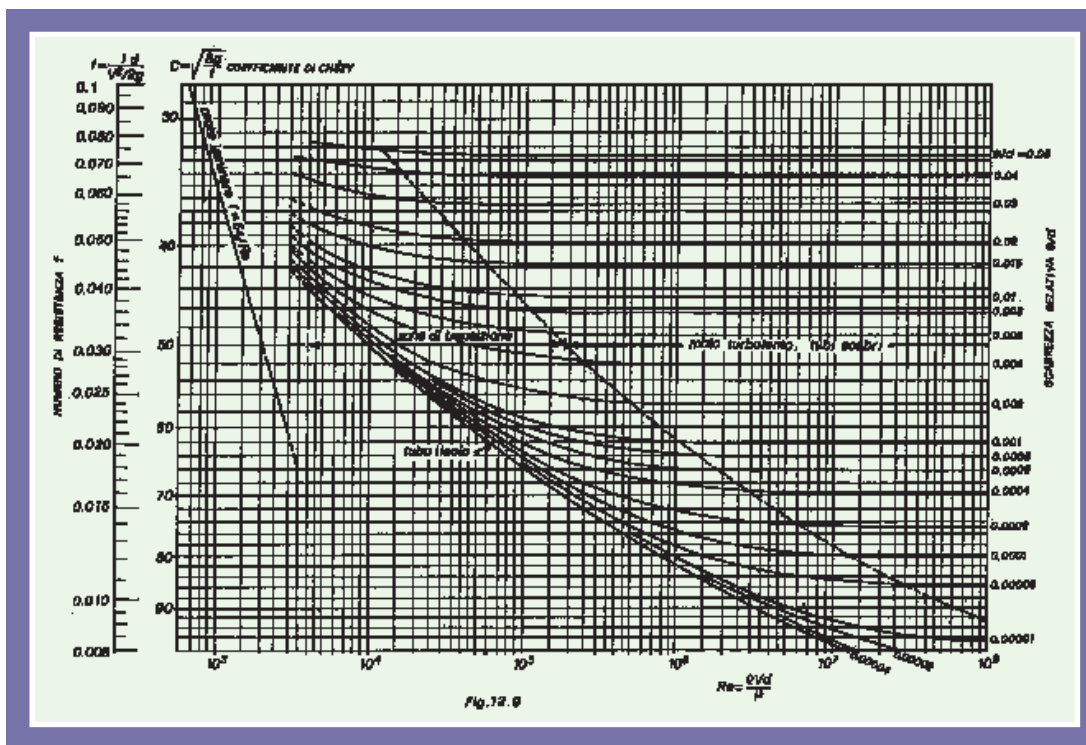
40 chilometri, costruito per portare l'acqua a Nîmes dai dintorni di Uzes. Il calcolo previsionale di quanto può transitare in una condotta è una delle storiche ricerche di idraulica. Le relazioni empiriche da cui derivano le formule che ancora oggi vengono utilizzate risalgono alla fine del 1700.

La formula di Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[\frac{e}{3,71 d} + \frac{2,52}{Re\sqrt{f}} \right]$$

È certamente la più nota insieme alla rappresentazione grafica del coefficiente di resistenza con il numero di Reynolds che prende il nome di "diagramma di Moody", mediante il diagramma e la relazione di Darcy:

$$i = \frac{f}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$



Il progettista giunge alla determinazione della velocità del fluido e della portata della condotta.

◆ Il progetto a “gambero” ◆

Il progetto di una rete deve avvenire con modalità inversa alle normali procedure ovvero con un sistema a “gambero”. Il progettista di acquedotti e fognature pensa normalmente al contrario di qualunque altro tecnico ovvero parte dal basso per risalire la corrente sino alla presa superiore.

Bocca finale di scarico, collettori di raccordo, pozzetti di ispezione, allaccio utenze, raccordi, bocca iniziale sono solo alcuni elementi che devono rientrare nel processo del progetto di una rete per il trasporto dei fluidi. Nel caso in cui questo avvenga in modo corretto allora i singoli componenti divengono un sistema che consente di gestire in maniera ottimale l'intero impianto.

Le reti di trasporto dei fluidi sono elementi basilari dell'importante settore degli impianti, siano essi dedicati a una singola abitazione siano invece interagenti con un intero tessuto urbano.

Nei due casi le problematiche sono differenti con esigenze differenti e con risoluzioni progettuali adeguate, ma in entrambi i casi, sono la dorsale dell'urbanizzazione, rappresentano l'evoluzione della civiltà e ne devono seguire la relativa evoluzione.

Ciò significa in termini diretti che se nell'Ottocento la fognatura era uno scolo a cielo aperto, nel Novecento è stata posta sotto il piano terra, nel 2000 dovrà essere gestita in modo più innovativo.

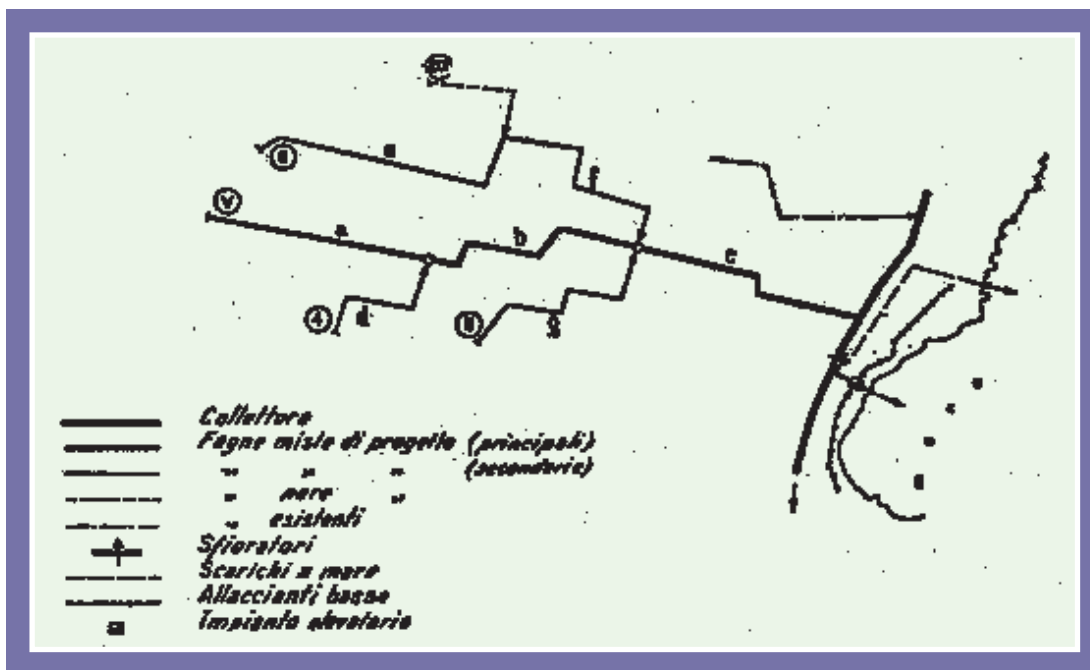
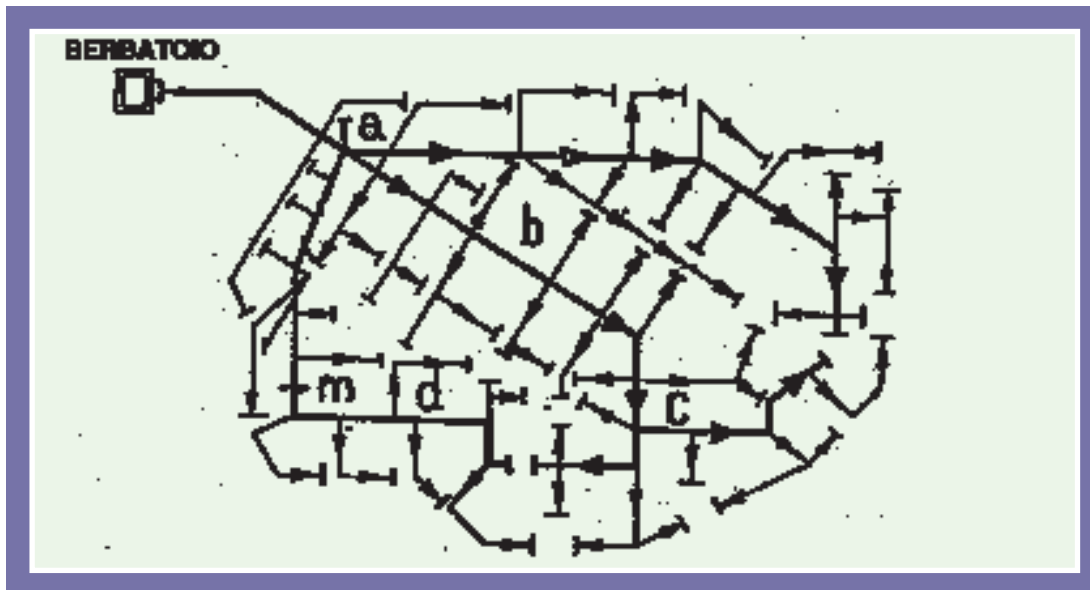
Introdurre il concetto di “rete intelligente” può far sorridere pensando a un semplice tubo che si evolve mediante l'inseminazione di un cervello pensante.

Purtroppo le cose non sono così semplici, ma possono diventarlo se la progettazione, la costruzione e la realizzazione finale seguiranno l'inevitabile strada della complessità per giungere alla realizzazione logica dei sistemi.

Quindi la trasformazione di semplici tubi e raccordi in sistemi e in seguito in reti intelligenti potrebbe rappresentare quanto di più avvincente può immaginare un progettista accorto e sensibile all'evoluzione.

Perché intelligenti e perché in PVC?

Due domande a cui cercheremo di dare una risposta idonea e ragionevole.



◆ Realizzare reti e tubazioni ◆

Ogni tubazione sia essa utilizzata per scarico, fognatura, o acquedotto evidenzia quattro aspetti fondamentali:

1. materiale costituente;
2. posizione di posa o di funzionamento;
3. livello di sollecitazione;
4. tipologia di realizzazione.

I materiali con cui possono essere realizzate le reti sono principalmente:

- ◆ materie plastiche (PVC, PE, PP);
- ◆ materiali diversi dalle materie plastiche.

Le numerose alternative presentano elementi di scelta positivi e negativi, ma come ogni progettazione seria e consapevole di tale situazione analizza gli aspetti, valuta le problematiche e giunge alla soluzione migliore.

Questa si raggiunge se si conoscono a fondo i materiali, i sistemi costruttivi e la posa in opera dell'intera rete. Un percorso utile all'analisi è il confronto delle caratteristiche dei differenti materiali e delle prestazioni fornite.

Nel settore delle materie plastiche possiamo paragonare i tre materiali, considerandoli tradizionali, ma certamente con caratteristiche profondamente diverse tanto da sostenere un utilizzo finale differente.

◆ Caratteristiche generali del PVC ◆

Le caratteristiche più significative del PVC per la fabbricazione di tubi e raccordi sono indicate nel prospetto seguente:

- ◆ massa volumetrica: $1,37 \div 1,7 \text{ kg/dm}^3$;
- ◆ carico unitario a snervamento: $\geq 48 \text{ Mpa}$ (480 kgf/cm^2);
- ◆ modulo di elasticità: $\approx 3000 \text{ Mpa}$ (30.000 kgf/cm^2);
- ◆ resistenza elettrica superf.: $\geq 10^{12} \Omega$;
- ◆ coefficiente di dilatazione: $60 \div 80 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ($^{\circ}\text{C}^{-1}$);
- ◆ conduttività termica: $\approx 0,15 \text{ W (m} \cdot \text{k)}$;
- ◆ allungamento a snervamento: $\leq 10\%$.

Resistenza meccanica:

Il PVC ha una resistenza a trazione di circa 480 kg/cm^2 . I tubi per l'edilizia sono collaudati con una pressione idraulica (a 20°C per 1 ora) in modo da sollecitare le pareti del tubo a 390 kg/cm^2 .

Comportamento a caldo:

Il PVC tende a rammollirsi a temperatura continua superiore a 70 °C. data però la sua bassa conduttività termica con un adeguato spessore è in grado di resistere allo scarico intermittente delle acque quasi bollenti delle lavatrici e delle lavastoviglie.

Comportamento a freddo:

Con le basse temperature, diminuisce nel PVC la resistenza agli urti. Occorre quindi una particolare attenzione nel movimentare i tubi durante il periodo invernale.

Resistenza al fuoco:

Il PVC è praticamente ininfiammabile; è considerato autoestinguente e non adatto a propagare la fiamma. Un sistema semplice infatti di riconoscere il PVC dalle altre materie plastiche è quello di accendere un fiammifero sul bordo del tubo. Se la fiamma si propaga, non è sicuramente PVC.

Resistenza chimica:

Oltre allo scarico delle acque domestiche, il PVC può scaricare senza problemi scarichi industriali di composti chimici entro il campo di pH tra 2 (acidi) e 12 (alcali) purché la durata e la temperatura sia analoga a quelle delle macchine domestiche.

Dilatazione:

Il coefficiente di dilatazione del PVC è di 0,06 mm/m °C ad esempio, per una barra lunga 3 m e uno sbalzo di temperatura di 50 °C, l'allungamento è di $0,06 \times 3 \times 50 = 9$ mm.

Nel caso che lo stesso tubo sia vincolato e non possa espandersi, la sollecitazione indotta (poiché il modulo di elasticità del PVC è di 30.000 kg/ cm²) è:
 $= 30.000 \text{ kg/ cm}^2 \times 9 \text{ mm/ } 3.000 \text{ mm} = 90 \text{ kg/ cm}^2$.

Tale valore è dell'ordine del σ di progetto per i tubi di PVC per l'edilizia.

È quindi molto importante prevedere la possibilità di dilatazione.

Resistenza alla luce:

In considerazione dei particolari accorgimenti normalmente adottati sia nella scelta delle formulazioni sia nella trasformazione, il PVC offre una buona resistenza all'invecchiamento naturale (vedi diffusione nelle gronde, tapparelle e infissi per finestre).

Imputrescibilità:

Il PVC totalmente imputrescibile.

Muffe e roditori:

Il PVC non è attaccato né da roditori, né dalle termiti, né dalle muffe.

I tubi e i raccordi in PVC rigido (non plastificato) in un primo tempo prodotti per l'industria chimica data la loro particolare ed eccezionale resistenza agli agenti aggressivi chimici, hanno sin dall'inizio richiamato l'attenzione e l'interesse dei progettisti e degli installatori di condutture per il convogliamento e la distribuzione di acqua potabile. Ciò particolarmente in quelle regioni nelle quali la natura acquitrinosa e salmastra del terreno comprometteva la durata dei tubi metallici e cementizi. Il problema della resistenza alla corrosione si pone per molti terreni ed è reso ancora più critico dall'estendersi delle condutture elettriche e dalla conseguente corrosione elettrolitica dei tubi metallici dovuta alle correnti vaganti. Ma oltre al fattore esterno esiste, nelle condutture d'acqua, anche un fattore interno: quantitativo e qualitativo.

Il PVC, chimicamente inerte nei confronti dei sali disciolti nell'acqua, evita le incrostazioni, prevalentemente calcaree, che in molti casi si formano sulla superficie interna dei tubi metallici riducendo la sezione utile e quindi la portata in esercizio: incrostazioni che, data la loro struttura nodulare e porosa, possono essere ricettacolo di microrganismi vegetali e animali che, se non sono nocivi, influiscono più o meno sensibilmente sulla purezza dell'acqua e sulle sue caratteristiche organolettiche. Inoltre, poiché la disponibilità di acqua di sorgente o di pozzi artesiani è ormai alquanto ridotta, si pone sempre più impellente l'utilizzazione dell'acqua dei fiumi e dei laghi in grandi impianti di filtrazione e di potabilizzazione a base di reagenti chimici. Ciò provoca e impone per gli acquedotti dei materiali che resistano nel tempo anche all'aggressione chimica. I tubi di PVC, oltre a resistere alla corrosione chimica ed elettrochimica e ad avere una superficie liscia e non incrostabile, assicurano un'assoluta permeabilità evitando ogni possibile diffusione di sostanze nocive dal terreno circostante, evidenziando i seguenti comportamenti:

- ◆ un'elevata resistenza alla degradazione per invecchiamento o per azione dell'ossigeno atmosferico e una completa resistenza all'attacco dei funghi, muffe e agenti batterici;
- ◆ una portata superiore ai tubi metallici o cementizi data la loro superficie liscia e il basso coefficiente di scabrezza, che consente di mantenere minime perdite di carico anche nel tempo;

- ◆ una certa flessibilità che consente un'adattabilità alle ondulazioni e agli eventuali assestamenti del terreno senza comportare sollecitazioni dannose ai giunti, e una certa elasticità che riduce l'entità delle sovrappressioni dovute ai colpi d'ariete;
- ◆ una leggerezza che consente notevoli economie nelle spese di trasporto e di posa;
- ◆ una facilità di installazione dovuta alla buona lavorabilità del materiale; una facilità di giunzione dei singoli elementi con bicchieri o manicotti incollati o con giunzioni o con guarnizioni elastometrica, che garantiscono in ogni caso una perfetta tenuta;
- ◆ una garanzia di qualità definita dalle norme UNI vigenti e dal *marchio di conformità* alle stesse norme, sotto il controllo dell'Istituto Italiano dei Plastici.

Nei confronti della resistenza meccanica, occorre tenere in debito conto per il PVC, a differenza dei materiali metallici e cementiti, dell'influenza della temperatura e della durata dello sforzo nel tempo. Nel caso degli acquedotti però, trattandosi di tubazioni interrate, con limitate oscillazioni di temperatura dell'acqua, ci si può riferire a una temperatura convenzionale e costante di 20°C.

Il valore di sollecitazione ammissibile che interessa nella pratica è correntemente riferito a una durata del tubo di 50 anni; tale valore non è sperimentalmente valutabile e pertanto, per ridurre la durata della prova, le norme attualmente esistenti nel mondo sono state basate sull'aumento della temperatura di prova; questo ha permesso di conoscere meglio l'andamento nel tempo del fenomeno e quindi estrapolare il valore che interessa a 50 anni con maggiore approssimazione.

Nella pratica, come per qualsiasi altro materiale, tali valori di sollecitazione a rottura dopo un tempo prefissato vengono ridotti attraverso un coefficiente di sicurezza che tiene conto principalmente della estrapolazione eseguita come anche di eventuali semplificazioni contenute nei calcoli degli spessori.

I coefficienti di sicurezza adottati nei vari paesi europei si aggirano su valori di 2,5 – 3, anche se in alcuni casi si è voluto tener conto della variazione del rapporto D/s per una stessa serie di pressione riducendo il coefficiente di sicurezza per i tubi di maggiore diametro.

I valori di sollecitazione a rottura nel tempo a una prefissata temperatura dipendono in ogni caso dalle caratteristiche della materia prima utilizzata e dai processi di lavorazione che questa subisce nella trasformazione del tubo.

Si può osservare che lo sviluppo tecnologico degli ultimi dieci anni ha permesso di ottenere, attraverso uno studio strettamente connesso tra materia prima e tecnologia di trasformazione, un elevamento dei valori di rottura nel tempo.

◆ Caratteristiche generali del polietilene reticolato ◆

Il polietilene reticolato PE-X è ottenuto da polimeri dell'etilene, aventi massa volumica

$$0,940 \div 0,965 \text{ g/cm}^3$$

tramite una reazione di reticolazione avente lo scopo di migliorare la resistenza chimica, meccanica e termica.

Un'immediata conseguenza della reticolazione è che il PE-X non fonde, quindi le giunzioni con i raccordi avvengono mediante azione meccanica non potendosi effettuare la giunzione mediante saldatura e inoltre l'infusibilità esclude qualunque possibilità di uso materiale reticolato generato.

Coefficiente di dilatazione termica lineare

$$1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/m } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ (valore medio compreso tra } 20 \text{ e } 100 \text{ } ^\circ\text{C)}$$

Conduttività termica

$$1 \sim 0,37 \text{ kcal/mh } ^\circ\text{C}$$

Resistività al volume

Il PE-X, come quasi tutti i materiali plastici, è un pessimo conduttore elettrico a causa dell'elevato valore della resistività di volume

$$\zeta_{20} > 1,10^6 \text{ } \Omega \text{ cm}$$

Resistenza ai raggi ultravioletti (U.V.)

Il PE-X ha una resistenza ai raggi U.V. migliore del polimero di base utilizzato; poiché il miglioramento non raggiunge livelli tali da consentirne l'impiego diretto ai raggi U.V. per tempi sufficientemente lunghi, se ne sconsiglia l'uso che prevede l'esposizione diretta alla luce senza opportuna protezione.

Si fa inoltre presente che la scarsa opacità dei tubi potrebbe, qualora essi siano esposti alla luce, dar luogo allo sviluppo di alghe dovute a microrganismi già presenti nell'acqua.

◆ Caratteristiche generali del polietilene ◆

Caratteristiche del polimero

Massa Volumica nominale	0,930 gr/cm ³
Indice di fluidità (190°ΔC/5 kg)	0,4 – 1,3 g/10 min
Stabilizzante (carbon black)	2 ÷ 2,5%

Caratteristiche generali del PE a.d. a 20 °C (dati medi)

Queste caratteristiche vengono indicate a titolo informativo:

◆ Massa volumica (UNI 7092-75)	0,945 ÷ 0,965	kg/dm ³
◆ Carico unitario a snervamento (UNI 5819-66)	~ 240	kgf/cm ²
◆ Allungamento a snervamento (UNI 5819-66)	≤ 20	%
◆ Modulo di elasticità a trazione (UNI 5819-66)	~ 9000	kgf/cm ²
◆ Coefficiente di dilatazione termica lineare (UNI 6061-67)	~ 0,2	mm/m °C
◆ Calore specifico	~ 0,55	kcal/kg °C
◆ Conduttività termica (DIN 52612)	~0,47	kcal/m h °C
◆ Resistività elettrica superficiale UNI 4288-72)	> 10 ¹²	Ohm cm

Caratteristiche generali dei tubi di PE a.d

I tubi di PE a.d., impiegati inizialmente per l'industria chimica data la loro particolare resistenza a temperature relativamente elevate e per convogliamento di acqua potabile in zone fredde e in terreni difficili grazie alla loro flessibilità e alla notevole resistenza alle basse temperature, hanno richiamato l'attenzione dei progettisti e degli installatori di impianti fognari particolarmente in terreni accidentati e in ambienti freddi, tenuto anche conto della loro ottima resistenza alla corrosione sia chimica sia elettrolitica. Ma, oltre al fattore esterno, esiste nelle condotte per fognature anche un fattore interno: le incrostazioni. Il PE a.d., chimicamente inerte nei confronti dei sali disciolti nell'acqua nonché delle sostanze acide e alcaline contenute nei liquami domestici e anche per effetto della estrema levigatezza della superficie interna, evita le incrostazioni che si formano su quest'ultima nei tubi fabbricati con alcuni tra i materiali tradizionali con conseguente riduzione di portata. Per effetto di questa caratteristica il tubo di PE a.d. concorre a risolvere l'annoso problema legato alle scarse pendenze che verosimilmente si hanno nelle zone pianeggianti. I tubi di PE a.d., oltre a offrire un'ottima resistenza chimica ed elettrolitica e ad avere una superficie liscia e non incrostabile, assicurano un'assoluta impermeabilità evitando ogni possibile diffusione di sostanze nocive dal e nel terreno circostante.

◆ Caratteristiche generali del propilene ◆

Caratteristiche	Unità di misura	Valore
Resistenza a trazione (snervamento)	kgf/cm ²	~ 300
Sollecitazione ammissibile in esercizio continuo	kgf/cm ²	50
Massa volumica	kg/dm ³	0,925
Modulo di elasticità a flessione	kgf/cm ²	~ 12.000
Punto di rammollimento Vicat (1 kg)	°C	152
Coefficiente di dilatazione	mm/m °C	0,10 ÷ 0,15

In particolare il PP è idoneo alla giunzione per saldatura, come il PE a.d. e ha un'ottima resistenza chimica che ne consente un valido impiego negli impianti polivalenti. Un'analisi corretta deve essere necessariamente comparativa ovvero deve avvicinare i valori delle caratteristiche più significative che nel caso dei tre materiali ricordati in precedenza giunge alla tabella seguente. Il prospetto è un raffronto fra le principali caratteristiche fisico-meccaniche dei vari materiali. Queste caratteristiche influiscono su alcuni rapporti fra i più importanti parametri dei relativi manufatti (peso a metro, pressione nominale, diametro interno).

Caratteristiche	Unità di misura	Materiale		
		PVC/100	PE a.d.	PE b.d./32
1) resistenza a trazione	Kgf/cm ²	≥480	~240	≥140
a) snervamento	kgf/cm ²	100	50	32
b) sollecitazione ammissibile per esercizio continuo				
2) massa volumica	kg/dm ³	1,37 ÷ 1,45	0,945 ÷ 0,965	0,93
3) modulo elastico a flessione	kgf/cm ²	~30.00	~9.000	≥2.000
4) punto di rammollimento Vicat	°C	≥80	-	-
5) dilatazione termica lineare	mm/m °C	0,06 ÷ 0,08	0,2	0,2
6) rapporti fra i principali parametri dei relativi tubi (assegnando il valore 1 ai rapporti relativi al PVC)				
a) peso/pressione (a parità di diametro esterno)	1	1,23	1,72	
b) peso/diametro interno utile (a parità di pressione nominale)	1	1,34	2	
c) diametro interno utile pressione (a parità di diametro esterno):				
PN 4		1	0,97	0,91
PN 6		1	0,95	0,87
PN 10		1	0,90	0,79
PN 16		1	0,86	-

Nel prospetto, oltre a una precisazione sulle confezioni d'uso, sono indicati i diametri, gli spessori e le pressioni di più pratico impiego dei tubi fabbricati con le tre materie plastiche.

I parametri citati variano in relazione alle caratteristiche tecnologiche di fabbricazione dei tubi stessi (rotoli o barre), alla loro resistenza alla deformazione (ovalizzazione del tubo nell'avvolgimento in rotoli) e infine alla loro possibilità di collegamento.

Caratteristiche	Unità di misura	Materiale		
		PVC/100	PE a.d.	PE b.d.
1) confezioni d'uso				
a) barre			Tutti i diametri	
b) rotoli (diametro max del tubo)	mm	-	110	110
2) limiti dimensionali di pratica applicazione				
a) limiti minimi pressioni diametri e spessori	kgf/cm ²	4	2,5	4
PN 2,5	mm	-	63 x 1,4	-
PN 4	mm	63 x 1,8	40 x 1,6	20 x 1,6
PN 6	mm	40 x 1,8	25 x 1,6	16 x 16
PN 10	mm	25 x 1,6	16 x 16	10 x 1,6
b) limiti massimi pressioni diametri e spessori	kgf/cm ²	16	16	10
PN 2,5	mm	-	110 x 2,7	-
PN 4	mm	630 x 12,4	110 x 4,3	90 x 5,3
PN 6	mm	400 x 11,7	110 x 6,3	50 x 4,3
PN 10	mm	315 x 15,0	110 x 10,0	32 x 4,4
PN 16	mm	200 x 14,9	90 x 12,5	-

Pezzi speciali e apparecchi

Una tubazione non consiste esclusivamente di una serie di tubi normali come quella di cui abbiamo parlato nel paragrafo precedente, ma richiede un numero maggiore o minore di tubi di particolare forma e struttura i quali servono a realizzare curve, a permettere diramazioni dalla condotta principale, a consentire opportune manovre sulla condotta, ecc.

Tutti questi elementi che insieme ai tubi normali formano la condotta si sogliono suddividere in due categorie: *pezzi speciali* e *apparecchi*. I pezzi speciali so-

no nient'altro che dei tubi di forma speciale, mentre gli apparecchi sono dei pezzi più complessi che comprendono sempre qualche dispositivo meccanico. È necessario che l'ingegnere conosca le caratteristiche dei pezzi speciali e degli apparecchi per poterne prevedere l'uso.

Le reti vengono inoltre a essere classificate in base al funzionamento:

- ◆ in pressione;
- ◆ a pressione atmosferica.

È evidente che in base alla situazione vengano a crearsi esigenze a richieste specifiche correlate alla situazione funzionale: interrata, annegata, all'aperto, in cunicolo ispezionabile.

I materiali ricordati inoltre impongono la scelta dell'elemento più a rischio di una tubazione ovvero il giunto.

Questo può essere realizzato con due tecniche differenti che influenzano tutta la posa in opera e tutti gli elementi accessori di una rete di trasporto:

- ◆ a bicchiere con guarnizione;
- ◆ a saldatura di testa.

Nel primo caso è evidente che la dilatazione della tubazione è assorbita dal giunto ed esempi di tale scelta funzionale nel mondo dell'edilizia sono riscontrabili nelle coperture discontinue, nelle gronde nei giunti dei fabbricati.

Nel secondo caso invece deve essere previsto un elemento particolare che permette alla tubazione di dilatarsi.

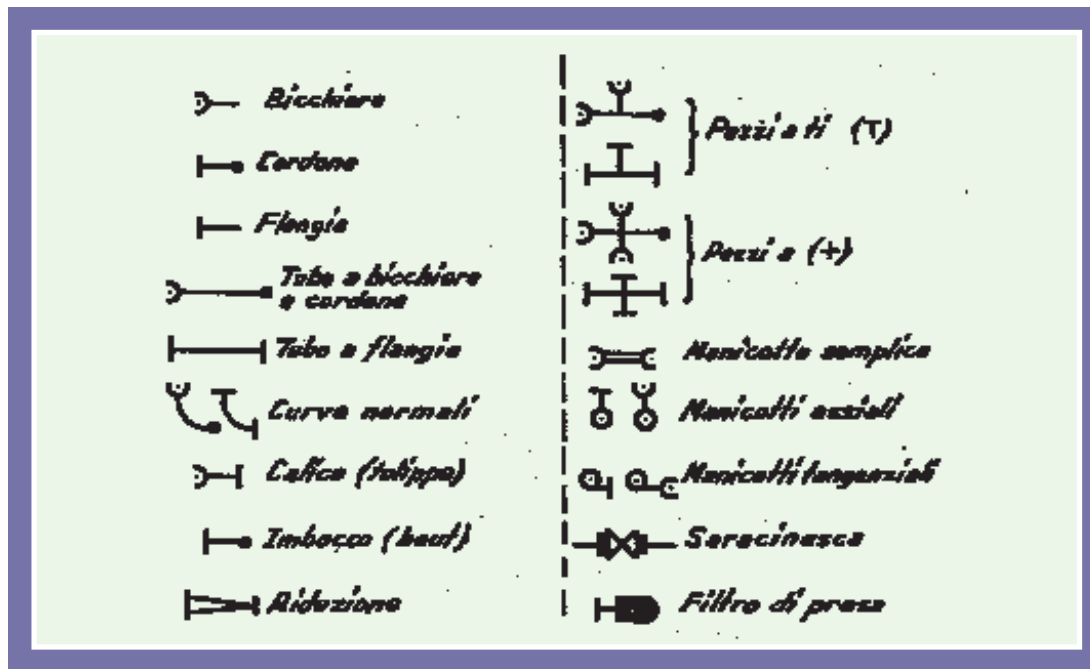
Questi elementi sono più frequenti in reti realizzate con materiale metallico (vedi oleodotti) in cui i movimenti degli elementi vengono assorbiti da particolari giunti a "Lira".

A conclusione di questa breve comparazione tra materie plastiche e sistemi costruttivi adottabili è ragionevole giungere a differenti soluzioni egualmente valide dal punto di vista tecnico ma certamente non da quello economico.

Nell'analisi economica deve rientrare non solo il costo iniziale ma soprattutto il costo gestionale e di manutenzione.

È ormai assodato che un sistema con costo iniziale più elevato provochi un costo gestionale più basso.

È un'asserzione provocatoria che deve costringere il committente e il progettista all'analisi completa del progetto realizzativo.



◆ Le esigenze ◆

Ogni sistema presenta in maniera più o meno evidente un comportamento che nella maggioranza dei casi varia in funzione del tempo di utilizzo.

Le reti di trasporto fluidi non si sottraggono a tale considerazione anzi ne sono influenzate in modo completo. Elementi separati, giunti, posa in opera, collegamenti con altri materiali, derivazioni evidenziano che tutto il sistema presenta delle esigenze specifiche. Per utilizzare quanto riportato in precedenza e per giustificare l'evoluzione proposta nei capitoli che seguiranno può essere mostrato un semplice elenco di esigenze:

1. *Requisiti relativi a fasi preliminari*

Capacità o attitudine di resistere alle sollecitazioni derivanti o conseguenti a operazioni preliminari alla messa in opera e relative alla movimentazione in genere: carico, scarico, imballaggio, disimballaggio, stoccaggio, manipolazione a piè d'opera, posizionamento, fissaggio e finitura; capacità o attitudine di facilitare e rendere sicure dette operazioni e fasi.

2. *Requisiti di resistenza alle sollecitazioni derivanti da carichi statici*

Capacità o attitudine di sopportare le sollecitazioni derivanti dal carico dovuto al peso proprio e dai carichi di servizio senza deformazioni tali da pregiudicare la stabilità, la sicurezza e la funzionalità.

3. *Requisiti di resistenza alle sollecitazioni derivanti dal carico agente*

Capacità o attitudine di sopportare, senza deformazioni permanenti tali da pregiudicare la stabilità, la sicurezza e la funzionalità, le sollecitazioni derivanti dal carico.

4. *Requisiti di resistenza in caso di incendio*

Capacità o attitudine di consentire, in caso di incendio, le operazioni necessarie conservando la funzionalità.

5. *Requisiti relativi alle variazioni di temperatura*

Capacità o attitudine di:

- a) consentire nel tempo i movimenti derivanti da dilatazioni e contrazioni termiche ripetute senza che da ciò derivi danno o menomazione funzionale;
- b) sopportare le sollecitazioni derivanti dalle dilatazioni e contrazioni termiche senza dare luogo a danno o menomazione funzionale;
- c) prevedere e ammettere le frecce e gli spostamenti elastici provocati da conseguenti a variazioni di temperatura senza danno o menomazione funzionale.

6. *Requisiti acustici*

Capacità o attitudine di prevenire i rumori generati dai sottosistemi che la compongono.

7. *Requisiti di resistenza agli urti*

Capacità o attitudine di resistere senza degrado funzionale, deformazioni permanenti o altre menomazioni alle sollecitazioni derivanti da urti con corpi molli e da urti con corpi duri.

8. *Requisiti di tenuta all'acqua*

Capacità o attitudine di impedire perdite dall'intero sistema.

9. *Requisiti relativi al contatto con i liquidi*

Descrizione: Capacità o attitudine di resistere al contatto con i liquidi.

10. *Requisiti di affidabilità*

Descrizione: Capacità o attitudine di mantenere sensibilmente invariata nel tempo la qualità secondo precisate condizioni d'uso e mediante operazioni di:

- ◆ ispezione, cioè di supervisione analitica e sistematica allo scopo di individuare e denunciare segni di degrado, difetti incipienti, danni accidentali;
- ◆ prevenzione, cioè intervento corrente necessario per evitare fenomeni critici e/o irreversibili;
- ◆ manutenzione, cioè di intervento di ripristino e sostituzione di parti, o di elementi.

11. *Requisiti relativi a fenomeni elettrici, elettromagnetici*

Descrizione: Capacità o attitudine di controllare gli effetti di fenomeni elettrici, elettromagnetici.

In sede di progettazione è necessario specificare la probabilità di tali fenomeni e la loro intensità allo scopo di derivare un comportamento adeguato.

Riportiamo uno stralcio dal manuale più famoso di costruzioni di reti idrauliche del prof. Girolamo Ippolito dell'Università di Napoli risalente agli anni '70; quanto riportato è relativo alle necessità di un acquedotto che permette di identificare le esigenze primarie di chi deve gestire un'opera complessa come la rete di distribuzione dell'acqua potabile.

Manutenzione e esercizio degli acquedotti

Un acquedotto nel suo complesso è un organismo che richiede una continua e accurata manutenzione e un'adeguata organizzazione di esercizio. Ritenerne, come spesso si fa, che un acquedotto, una volta costruito, e sia pure a servizio solo di un piccolo Comune, possa essere abbandonato a se stesso, è errore gravissimo, che ha portato a un più o meno totale dissesto di una parte notevole di acquedotti costruiti nel nostro Paese, malamente affidati ad amministrazioni comunali mancanti di un'adeguata organizzazione tecnica. La manutenzione di un acquedotto esige prima di tutto la sorveglianza delle perdite. Non esiste acquedotto nel quale non vi siano perdite ed esse sono sempre di una certa importanza, anche negli acquedotti meglio mantenuti. Per accertare le perdite occorre poter misurare accuratamente l'acqua alle sorgenti, all'arrivo al serbatoio, in partenza dal serbatoio e paragonare queste portate fra loro e con quella desunta dalla lettura dei contatori di distribuzione. È dunque un bilancio idrico che occorre fare continuamente e che è il polso da cui si riconosce lo stato dell'acquedotto stesso.

Le differenze di lettura agli estremi della condotta danno le perdite di questa condotta, che devono essere in genere lievissime, non più di qualche unità per cento. Se tali perdite aumentano occorre percorrere l'acquedotto e scoprire il

punto dove le perdite avvengono, ciò che spesso è rilevato dall'umidità del terreno. Particolarmente frequenti sono le perdite all'entrata o all'uscita di un'opera d'arte, perché rassetti nella muratura possono provocare rotture nei giunti. Occorre poi sorvegliare accuratamente i tronchi a pressione molto elevata e quelli posati in terreni instabili o franosi.

Molto importanti e difficili a determinare sono le perdite della rete di distribuzione. Qui vanno nel computo delle perdite anche tutte quelle quantità d'acqua che non sono fuoriuscite da giunti della condotta non bene sistemati, ma che sono regolarmente fluite senza essere state misurate. Fra esse sono da considerare le portate domestiche che sono al di sotto del limite di sensibilità dei contatori, nonché le acque utilizzate per usi pubblici (acque di innaffiamento attraverso gli idranti stradali, acque di lavaggio delle fogne, ecc.) delle quali si può tener conto solo in modo approssimativo. Nel complesso, le perdite della rete non dovrebbero superare il 10% della portata, ma più che al loro valore assoluto, bisogna fare attenzione alle loro variazioni, perché esse indicano che qualche cosa di nuovo è avvenuto nell'acquedotto e che è perciò necessario scoprirne la causa e provvedere.

Quando si riconosce che in una rete le perdite sono eccessive, occorre provvedere a scoprirle, il che si fa soprattutto di notte, isolando zone circoscritte della rete e ascoltando, con appositi apparecchi che si poggiano sulle condotte, i rumori prodotti dalle vibrazioni che conseguono a fuoriuscite di acqua.

Altro aspetto della manutenzione degli acquedotti è quello di migliorarne le condizioni quando per l'aggressività dell'acqua si sono formati internamente dei *tubercoli ferruginosi* (escrescenze costruite di ossido di ferro), oppure quando, per le caratteristiche incrostanti dell'acqua stessa, si siano formate delle incrostazioni, quasi sempre calcaree, di sensibile spessore.

Esistono apparecchi raschiatori che possono introdursi nelle condotte e che sono mossi dalla pressione stessa dell'acqua o con altri sistemi. Essi danno risultati non sempre brillanti, ma è inutile poi adoperarli se contemporaneamente non si provvede a modificare all'origine le caratteristiche dell'acqua. Specie nel caso dei tubercoli ferruginosi, una raschiatura non seguita da questo provvedimento peggiora anziché migliorare le condizioni della tubazione perché la corrosione riprende molto più attivamente di prima.

Si è visto che è anche possibile ricostruire il rivestimento interno bituminoso in opera, ma niente è così sicuro come l'opportuno trattamento preliminare dell'acqua. Essa dovrebbe sempre essere esaminata a questo fine, prima della costruzione dell'acquedotto e corretta.

L'Ufficio Tecnico preposto all'acquedotto deve avere sempre una planimetria dettagliata e aggiornatissima della rete pubblica e degli attacchi privati, con tutte le indicazioni dei pezzi speciali e apparecchi in opera.

Gli apparecchi principali e soprattutto le saracinesche nella rete dovrebbero essere indicate da targhette metalliche apposte alle facciate delle case con tutte le indicazioni necessarie per ubicarle. Anche questa purtroppo è una prassi comune in molti Paesi e quasi inesistente da noi.

L'esercizio dell'acquedotto comprende oltre la manutenzione vera e propria anche tutte quelle altre *operazioni tecniche* e *amministrative* che sono necessarie per la buona condotta dell'opera. Dal punto di vista tecnico, l'esercizio deve assicurarsi che in ogni punto della rete, e specialmente nelle ore di maggiore consumo, vi siano le pressioni sufficienti a mantenere le distribuzioni delle acque in tutte le case. A tal fine è opportuno avere sulla rete di distribuzione un certo numero di *stazioni monometriche* con manometri fissi, e meglio ancora se *registratori*. Manometri volanti possono essere poi apposti occasionalmente in altri punti della rete se l'esercizio lo richiede.

Dal punto di vista amministrativo l'esercizio di un acquedotto consiste essenzialmente nello stabilire un pareggio fra gli introiti ottenuti dalla vendita dell'acqua e le spese tutte dell'amministrazione: interessi e ammortamenti sui mutui contratti per la costruzione delle opere, spese di manutenzione, spese di esercizio per materiali e per personale, spese di amministrazione, tasse, ecc.

Un acquedotto di una certa importanza dovrebbe sempre trovare un suo bilancio economico e anzi, se bene condotto, dovrebbe lasciare un margine utile all'amministrazione privata o pubblica che lo gestisce. Se l'equilibrio tra spese e introiti si rompe, occorre provvedere a eliminare tutte le spese superflue e a fare una più rigida amministrazione e al tempo stesso esaminare la necessità di un aumento di prezzo dell'acqua.

◆ Le reti intelligenti ◆

Come può evolvere una semplice rete di trasporto?

Quali innovazioni può provocare?

Quale materiale è ottimale per una rete nuova?

Le risposte giungono da alcune considerazioni che provengono da situazioni analoghe e che ne permettono l'estensione solo per quanto concerne l'approccio ma certamente non le soluzioni attuate.

Una rete di trasporto è un SISTEMA formato da più elementi che permettono di soddisfare le esigenze specifiche.

Un esempio pratico e diretto:

acquedotto – tubi e raccordi – utente – rubinetto – acqua sanitaria.

L'esigenza primaria è il far giungere acqua all'utente.

L'esigenza secondaria è che l'impianto funzioni.

La caratteristica principale è controllare che l'intero sistema funzioni correttamente.

Quindi l'evoluzione e l'innovazione di una rete è innanzitutto da ricercare nell'area del controllo e nella sorveglianza del funzionamento.

Questo approccio è già stato analizzato e applicato in situazioni simili, ne proponiamo due:

- ◆ impianti di allarme o di anti-intrusione;
- ◆ impianti anti-incendio.

Negli ultimi anni è nata una nuova disciplina della progettazione: la domotica. Con questo termine viene inteso tutto quanto può essere gestito a distanza e controllato costantemente.

Negli edifici "tradizionali" funzioni diverse sono gestite da sistemi diversi. L'impianto di riscaldamento, ad esempio, è dotato di un termostato che rileva la temperatura in ambiente e sulla base di questa si accende, spegne o regola il generatore di calore. Così come un impianto di allarme attraverso una serie di sensori di vario tipo, controlla l'ambiente e, in caso di pericolo, emette una segnalazione di allarme, insomma "avvisa" che qualcosa di strano, qualcosa di anomalo sta succedendo. Il sistema che regola l'impianto di riscaldamento e il sistema antifurto, ma di esempi se ne potrebbero fare tanti altri, sono completamente separati, quindi non sono in grado di scambiarsi informazioni e di interagire tra loro in alcun modo. Negli edifici automatizzati, invece, più funzioni, anche differenti tra loro, possono interagire e fare capo a un unico punto di controllo.

Sistema di sicurezza, sistema di controllo impianti e sistema di comunicazione possono in questo modo scambiarsi delle informazioni.

Come funziona un sistema di automazione?

Ogni funzione elementare è caratterizzata da tre componenti: l'elemento sensore che rileva l'evento, l'elemento intelligente che lo analizza e l'elemento attuatore che interviene modificando la situazione ritenuta anomala. In un sistema di controllo della temperatura, ad esempio, se la sonda o il sensore di zona rileva un aumento della temperatura ambiente è necessario diminuire l'erogazione del calore.

Il sensore comunica alla centralina di controllo l'aumento della temperatura e

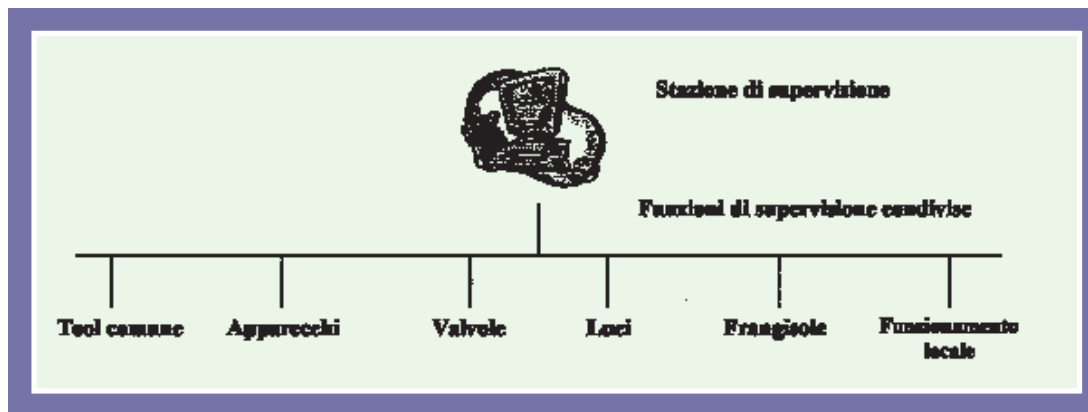
questa, dopo aver vagliato l'informazione, spegne la caldaia oppure agisce su un organo di regolazione (pompe di circolazione, valvola motorizzata, ecc.). la stessa cosa naturalmente accade per gli altri sistemi come quello antifurto o quello di rilevazione delle fughe di gas o di trasporto fluidi.

Gli elementi direttamente a contatto con gli eventi, insomma le scintille dei sistemi di gestione sono i sensori. Ora è chiaro che aumentando le funzioni di controllo e di gestione aumenta la necessità di installare dei sensori, quindi di collegarli, con un sistema trasmissivo, alla centralina di controllo.

Il sistema di collegamento più semplice è quello che si effettua attraverso una coppia di fili che partendo dalla centralina di controllo si connettono ai vari sensori. Nei collegamenti di questo tipo, in realtà, è possibile realizzare dei loop, dei circuiti ad anello, nei quali più sensori possono essere collegati in serie.

Un'alternativa al collegamento diretto tradizionale quella rappresentata dalle onde convogliate. Come mezzo di trasmissione viene impiegato il normale impianto elettrico.

Ogni componente ha un codice e si è in questo modo sicuri che l'informazione inviata dalla centralina, percorrendo la rete elettrica, giunga alla corretta destinazione.



Esempi di realizzazione di reti intelligenti sono alla portata di tutti gli operatori qualificati nel campo dell'automazione e del controllo come ad esempio:

- ◆ Protegge.
- ◆ Offre il massimo comfort con il minimo dispendio di energia.
- ◆ Minimizza i costi di esercizio dell'edificio.
- ◆ Installazione facile e flessibile.

- ◆ Opzioni flessibili di installazione.
- ◆ Regolatori.
- ◆ Unità operative in scatole da incasso.
- ◆ Ridotto cablaggio.

Trasferendo quanto espresso, possono essere proposte reti evolute che utilizzano componenti tradizionali a cui può essere affiancato il sistema di controllo il quale potrà essere gestito in modo efficace da unità centralizzate.

È naturale che un buon sistema parte da un buon progetto e tutto l'insieme permette di ottenere una rete intelligente e fortemente innovativa.

In sintesi e come conclusione vengono proposte le funzionalità attuabili e gestibili da reti per il trasporto fluidi:

1. gestione centralizzata della rete;
2. verifica costante della pressione, della portata;
3. verifica della funzionalità dei giunti e delle possibili perdite;
4. localizzazione immediata del danneggiamento e della perdita;
5. programma di manutenzione organizzato in modo puntuale in base ai danni riscontrati;
6. controllo delle funzionalità in seguito e durante eventi calamitosi (frane, sisma);
7. sicurezza per utenti a rischio;
8. maggiori garanzie per utenti finali.

Una rete così progettata permette un'evoluzione significativa degli attuali sistemi in uso e sottolinea l'estrema flessibilità del materiale PVC che può essere utilizzato per realizzarla.

Ogni componente, ogni singolo elemento può essere dotato di un sensore, di un elemento intelligente che permette di verificare la funzionalità di un semplice tubo o di una semplice guarnizione.

Interessanti analogie possono essere immaginate e proposte:

- ◆ il cavo elettrico trasporta energia isolata dal PVC;
- ◆ un cavo a maglia è schermato e protegge i segnali di comunicazione utilizzando come supporto il PVC;
- ◆ un tubo trasporta fluidi.

Immaginiamo di fondere le tre considerazioni precedenti e inserire il tutto in un sistema che permette di trasferire informazioni, prelevare indicazioni e gestirne il funzionamento.

Bene, otterremo ciò che oggi si intende "rete intelligente in PVC".