

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria Energetica e Nucleare

Tesi di Laurea Magistrale

Analisi tecnico-economica dei diversi sistemi di distribuzione dei fluidi
nell'impiantistica edile



Relatore:
Marco Carlo Masoero

Correlatore:
Gregorio Tosi

Candidato:
Tiberiu Mihail Tabac

Anno Accademico 2019/2020

Abstract

L'oggetto di interesse della seguente tesi è focalizzato, nell'ambito degli impianti civili, sui sistemi di distribuzione dell'acqua per climatizzazione e dell'acqua destinata al consumo umano. Gli obiettivi principali sono definire l'attuale stato dell'arte dei materiali e sistemi più usati per le tubazioni degli impianti focalizzandosi su caratteristiche tecniche, tempi di giunzione e costo di fornitura e posa, ottimizzare la scelta dei materiali in funzione delle richieste e promuovere l'uso di tecnologie poco usate per le colonne di distribuzione, come le giunzioni tipo Victaulic e le tubazioni preisolate. Per il raggiungimento degli obiettivi si effettuano confronti e analisi tecniche ed economiche in seguito ad un'introduzione dell'attuale legislazione ed una descrizione panoramica sulle reti di distribuzione dei fluidi. I risultati mostrano sia indicazioni per la scelta dei materiali, funzione delle caratteristiche tecniche dei tubi, della facilità di lavorazione e dei costi da sostenere, sia aspetti positivi e una possibile convenienza economica dell'uso delle tubazioni preisolate.

Indice

Introduzione	1
1. Aspetti legislativi e normativi	3
1.1. Acqua sanitaria	3
1.2. Climatizzazione	9
2. Reti di distribuzione fluidi.....	12
2.1. Acqua e sue proprietà	12
2.2. Perdite di carico distribuite	12
2.3. Perdite di carico localizzate	13
2.4. Pompe.....	13
2.5. Valvole	14
2.6. Tubazioni	14
2.6.1. Acciaio.....	15
2.6.2. Acciaio zincato	15
2.6.3. Acciaio inossidabile.....	15
2.6.4. Rame	16
2.6.5. Polivinilcloruro (PVC)	16
2.6.6. Polietilene (PE).....	17
2.6.7. Polipropilene (PP)	17
2.6.8. Polibutilene (PB)	18
2.6.9. Multistrato.....	18
2.6.10. Riassunto caratteristiche	19
2.7. Posa, supporti e dilatazioni	20
2.8. Giunzioni.....	24
2.9. Isolamento termico delle tubazioni.....	28
2.9.1. Isolante da porre in opera	30
2.9.2. Tubazioni preisolate	30
2.10. Incrostazioni, corrosioni, depositi, crescite microbiologiche	31
3. Analisi tecnica tubazioni per impianti distribuzione ACS e acqua per climatizzazione	33
3.1. Confronto a parità di portata	34
3.1.1. Riepilogo caratteristiche a parità di portata.....	44
3.2. Confronto a parità di portata ridotta	47
3.2.1. Riepilogo caratteristiche a parità di portata ridotta.....	49
3.3. Confronto a parità di velocità.....	50
3.3.1. Riepilogo caratteristiche a parità di velocità	54
3.3.2. Confronto a parità di velocità ridotta.....	55

4. Analisi economica tubi per impianti distribuzione acqua calda sanitaria e acqua per climatizzazione	57
4.1. Costi fornitura.....	57
4.1.1. Isolante fornitura.....	65
4.2. Costi fornitura e posa	67
4.2.1. Riepilogo costi fornitura e posa.....	69
4.2.2. Isolante fornito e posato	71
4.3. Confronto costi catalogo e costi installatore.....	72
4.4. Confronto con tubazione preisolata.....	75
4.5. Applicazione a caso studio	77
4.5.1. Solo fornitura climatizzazione	77
4.5.2. Solo fornitura ACS/AFS	81
4.5.3. Fornitura e posa climatizzazione	85
4.5.4. Fornitura e posa acqua ACS/AFS	87
Conclusioni	89
Riferimenti.....	93

Elenco delle figure

Figura 2.1. Curve caratteristiche della pompa e del circuito e punto di funzionamento.....	14
Figura 2.2. Tubo multistrato	18
Figura 2.3. Mensola con collari di sostegno	21
Figura 2.4. Circuiti per compensare le dilatazioni negli impianti di riscaldamento	22
Figura 2.5. Compensatore assiale.....	22
Figura 2.6. Compensatore angolare e applicazioni tipiche	23
Figura 2.7. Compensatore a snodo cardanico e applicazioni tipiche	23
Figura 2.8. Compensatore sferico.....	24
Figura 2.9. Giunzione tramite polifusione termica.....	25
Figura 2.10. Giunzione del raccordo tramite pressfitting.....	26
Figura 2.11. Giunzione tramite tecnologia Victaulic	27
Figura 2.12. Tubazione in rame, isolante in polietilene espanso, protezione esterna con pellicola in polietilene	31
Figura 2.13. Tubazione in PE-X, isolante in polietilene espanso, protezione esterna con pellicola in polietilene	31
Figura 2.14. Tubazione in PB, isolante in poliolefine, protezione esterna con tubo corrugato in polietilene	31
Figura 3.1. Perdite di carico e velocità tubi da 3/4"	35
Figura 3.2. Peso tubi da 3/4"	35
Figura 3.3. Distanza staffaggi tubi da 3/4"	36
Figura 3.4. Dilatazione e giunti di compressione per tubi di 3/4"	37
Figura 3.5. Perdite di carico e velocità tubi da 1".....	38
Figura 3.6. Peso tubi da 1".....	39
Figura 3.7. Distanza staffaggi tubi da 1"	39
Figura 3.8. Perdite di carico e velocità tubi da 1"1/2	40
Figura 3.9. Peso tubi da 1"1/2	41
Figura 3.10. Distanza staffaggi tubi da 1"1/2	41
Figura 3.11. Perdite di carico e velocità tubi da 2"	42
Figura 3.12. Peso tubi da 2"	43
Figura 3.13. Distanza staffaggi tubi da 2"	43
Figura 3.14. Perdite di carico a pari portata per ogni diametro.....	44
Figura 3.15. Peso totale tubi per ogni diametro.....	45
Figura 3.16. Percentuale peso tubo su peso totale per ogni diametro	45
Figura 3.17. Distanza staffaggi per ogni diametro.....	46
Figura 3.18. Perdite di carico e velocità a portata ridotta tubi da 3/4"	47
Figura 3.19. Perdite di carico e velocità a portata ridotta tubi da 1"	48
Figura 3.20. Perdite di carico a pari portata ridotta per ogni diametro.....	49
Figura 3.21. Perdite di carico e portata tubi da 3/4" a pari velocità	50
Figura 3.22. Perdite di carico e portata tubi da 1" a pari velocità	51
Figura 3.23. Perdite di carico e portata tubi da 1"1/2 a pari velocità	52
Figura 3.24. Perdite di carico e portata tubi da 2" a pari velocità	53
Figura 3.25. Perdite di carico e portata tubi da 3/4" a pari velocità ridotta	55
Figura 3.26. Perdite di carico e portata tubi da 1" a pari velocità ridotta.....	56
Figura 4.1. Costo tubi acqua calda sanitaria diametri piccoli e medi	60
Figura 4.2. Costo tubi acqua calda sanitaria diametri grandi	60
Figura 4.3. Costo raccorderia acqua calda sanitaria diametri piccoli	61

Figura 4.4 Costo raccorderia acqua calda sanitaria diametri medi	61
Figura 4.5 Costo raccorderia acqua calda sanitaria diametri grandi	62
Figura 4.6 Costo tubi acqua fredda sanitaria e climatizzazione diametri piccoli e medi	63
Figura 4.7 Costo tubi acqua fredda sanitaria e climatizzazione diametri grandi	64
Figura 4.8 Costo raccorderia acqua fredda sanitaria e climatizzazione diametri piccoli e medi	64
Figura 4.9 Costo raccorderia acqua fredda sanitaria e climatizzazione diametri grandi	65
Figura 4.10 Costo fornitura e posa principali tecnologie	69
Figura 4.11 Confronto costi materiale e costi fornitura e posa	73
Figura 4.12 Confronto costi isolante da catalogo e da installatore.....	74
Figura 4.13 Confronto tra tubazione preisolata e materiali separati.....	76
Figura 4.14 Costi fornitura tubi climatizzazione.....	78
Figura 4.15 Costo fornitura tubazioni climatizzazione divise per diametro.....	78
Figura 4.16 Costo fornitura raccorderia climatizzazione.....	79
Figura 4.17 Costo fornitura raccordi climatizzazione divisi per diametro.....	80
Figura 4.18 Costo totale fornitura climatizzazione.....	80
Figura 4.19 Costo fornitura tubi acqua sanitaria.....	81
Figura 4.20 Costo fornitura tubazioni acqua sanitaria divise per diametro.....	82
Figura 4.21 Costo fornitura raccorderia acqua sanitaria.....	83
Figura 4.22 Costo fornitura raccordi acqua sanitaria divisi per diametro.....	83
Figura 4.23 Costo totale fornitura acqua sanitaria.....	84
Figura 4.24 Costo fornitura e posa tubazioni climatizzazione divise per diametro	85
Figura 4.25 Costo fornitura e posa tubi climatizzazione	86
Figura 4.26 Costo fornitura e posa tubazioni acqua sanitaria divise per diametro	87
Figura 4.27 Costo fornitura e posa tubi acqua sanitaria	88

Elenco delle tabelle

Tabella 1.1 Parametri microbiologici acque destinate al consumo umano	3
Tabella 1.2. Parametri chimici acque destinate al consumo umano.....	4
Tabella 2.1. Caratteristiche generali dei materiali	19
Tabella 2.2. Spessori minimi di isolante, allegato al D.P.R. 412	29
Tabella 3.1. Caratteristiche tecniche 3/4".....	34
Tabella 3.2. Caratteristiche tecniche 1"	38
Tabella 3.3. Caratteristiche tecniche 1" 1/2.....	40
Tabella 3.4. Caratteristiche tecniche 2"	42
Tabella 3.5 Caratteristiche tecniche 3/4" portata ridotta.....	47
Tabella 3.6 Caratteristiche tecniche 1" portata ridotta	48
Tabella 3.7 Caratteristiche tecniche 3/4" a pari velocità	50
Tabella 3.8 Caratteristiche tecniche 1" a pari velocità.....	51
Tabella 3.9 Caratteristiche tecniche 1"1/2 a pari velocità	52
Tabella 3.10 Caratteristiche tecniche 2" a pari velocità.....	53
Tabella 3.11 Caratteristiche tecniche 3/4" a pari velocità ridotta	55
Tabella 3.12 Caratteristiche tecniche 1" a pari velocità ridotta.....	56
Tabella 4.1 Prezzi fornitura tubi per acqua calda sanitaria	59
Tabella 4.2 Prezzi fornitura tubi per acqua fredda sanitaria	62
Tabella 4.3 Prezzi fornitura tubi per acqua per climatizzazione.....	63
Tabella 4.4 Costo isolante.....	65
Tabella 4.5 Costo rivestimento isolante	66
Tabella 4.6 Costo fornitura e posa tubazione in acciaio nero	67
Tabella 4.7 Costo fornitura e posa tubazione in acciaio zincato	67
Tabella 4.8 Costo fornitura e posa tubazione in polipropilene	68
Tabella 4.9 Costo fornitura e posa tubazione in multistrato.....	68
Tabella 4.10 Costo fornitura e posa tubazione in acciaio inox pressfitting.....	68
Tabella 4.11 Costo fornitura e posa tubazione in rame crudo	68
Tabella 4.12 Costo fornitura e posa tubazione in acciaio tipo Victaulic.....	68
Tabella 4.13 Costi fornitura e posa delle principali tecnologie	69
Tabella 4.14 Costo fornitura e posa isolante spessore categoria A	71
Tabella 4.15 Costo fornitura e posa isolante spessore categoria B.....	71
Tabella 4.16 Costo fornitura e posa rivestimento isolante	71
Tabella 4.17 Differenza tra costi da catalogo e costi installatore	72
Tabella 4.18 Confronto tra tubazione preisolata e materiali separati	75
Tabella 4.19 Quantità necessarie per la realizzazione degli impianti in un edificio reale.....	77
Tabella 4.20 Costo fornitura tubi climatizzazione	77
Tabella 4.21 Costo fornitura raccorderia climatizzazione	79
Tabella 4.22 Costo totale fornitura climatizzazione	80
Tabella 4.23 Costo fornitura tubi acqua sanitaria	81
Tabella 4.24 Costo fornitura raccorderia acqua sanitaria	82
Tabella 4.25 Costo totale fornitura acqua sanitaria	84
Tabella 4.26 Costo fornitura e posa tubi climatizzazione.....	85
Tabella 4.27 Costo fornitura e posa tubi acqua sanitaria.....	87

Introduzione

Il progresso della tecnologia è ormai all'ordine del giorno per quanto riguarda tutti i campi della scienza. Non è da meno il campo della termotecnica, una disciplina tecnico-scientifica che ha lo scopo di migliorare e garantire il benessere delle persone all'interno di spazi chiusi. Ancor più presente e sempre più importante, riguardante molto da vicino la termotecnica, è l'efficienza energetica. Soluzioni sempre più efficienti sono ricercate e sviluppate, partendo dal bisogno di consumare ed impattare meno offrendo lo stesso servizio, e contribuiscono al progresso della tecnologia.

All'interno dell'edilizia, la termotecnica trova spazio nell'impiantistica meccanica attraverso la progettazione di impianti di riscaldamento, raffreddamento, condizionamento, ecc. Sempre all'interno dell'edilizia troviamo l'idraulica, scienza che studia il moto dell'acqua all'interno di condotti. La tesi svolta rientra nell'ottica di entrambe proponendo studi sui sistemi di distribuzione dell'acqua, fluido vettore per eccellenza, sia per quanto riguarda la climatizzazione degli ambienti sia per quanto riguarda il consumo umano di acqua calda e fredda sanitaria.

Il lavoro realizzato ha l'obiettivo di ottimizzare la scelta dei materiali e delle tipologie di giunzioni per l'installazione di tali sistemi in funzione di caratteristiche tecniche, come perdite di carico, stabilità del materiale, resistenza alle corrosioni, facilità di installazione, tempi necessari per le lavorazioni delle giunzioni, e di caratteristiche economiche, come costi di fornitura e manodopera. Vengono effettuati confronti per diversi diametri e si applicano i concetti proposti alla metratura delle colonne di distribuzione di impianti realistici. Si cerca di promuovere l'utilizzo di tecnologie giovani e ancora poco usate in questo campo come tubazioni preisolate con grandi spessori di isolante e giunzioni di tipo Victaulic, molto di moda per gli impianti antincendio.

I progetti degli impianti sono da farsi secondo la regola d'arte, affinché questo avvenga devono essere conformi con la normativa vigente. Tale aspetto, applicato alle attività di installazione e progettazione degli impianti al servizio di edifici, è descritto nel capitolo 1, *Aspetti legislativi e normativi*. Il discorso, suddiviso per acqua calda sanitaria e per acqua per climatizzazione, raccoglie decreti, norme e regole riguardanti qualità dell'acqua, materiali utilizzabili per tubi e isolanti, protezioni e trattamenti dell'acqua e norme di sicurezza.

Nel secondo capitolo si espone una panoramica delle *Reti di distribuzione fluidi*. Ci si riduce all'utilizzo dell'acqua essendo essa il fluido termovettore per eccellenza negli impianti termotecnici. Dopo un breve cenno sulle proprietà principali dell'acqua si passa a descrivere perdite di carico, distribuite e localizzate, pompe e valvole, per arrivare alle tubazioni. Si analizzano le caratteristiche di *acciaio*, *acciaio zincato*, *acciaio inossidabile*, *rame*, *polivinilcloruro*, *polietilene*, *polipropilene*, *polibutilene* e *multistrato*. A seguire aspetti di posa, supporti e dilatazioni. Si descrivono poi i meccanismi di giunzione di tubazioni e raccordi, quali *giunzioni filettate*, *saldatura*, *saldatura per polifusione*, *pressfitting* e *Victaulic*. Si tratta il discorso dell'isolamento termico attraverso caratteri generali, isolamento da porre in opera e tubazioni preisolate e si chiude il capitolo con cenni su incrostazioni, corrosioni, depositi e crescite microbiologiche.

Il capitolo 3 espone analisi tecniche eseguite su 4 diametri, $\frac{3}{4}$ ", 1", 1½" e 2" o equivalenti. Si osservano caratteristiche geometriche, peso, staffaggi richiesti, dilatazioni e perdite di carico attraverso confronti a parità di portata e velocità per la maggior parte dei materiali sopracitati, si trascurano quelli che non trovano un utilizzo diffuso o potenzialmente valido.

Nel capitolo 4 si svolgono analisi economiche su diversi aspetti. Costi di sola fornitura per materiale e raccorderia funzione dei diametri e delle tipologie di tubazioni, sono tratti da cataloghi e da rivenditori, senza contare gli sconti proposti, con prezzi riferiti al periodo di scrittura della tesi. Costi di fornitura e posa, forniti

da una ditta installatrice, funzione dei diametri e della tipologia di tubazione e divisi in vari sotto costi. Confronto tra costi da catalogo e costi installatore di sola fornitura. Confronti tra tubazione isolata separatamente e tubazione preisolata. Applicazione dei costi, con conseguenti confronti, ad un caso studio realistico rivalutando i discorsi fatti in precedenza.

Le conclusioni raccolgono i risultati, gli aspetti di maggior interesse e le informazioni rilevanti tratte dello studio svolto.

1. Aspetti legislativi e normativi

Le attività di installazione degli impianti posti al servizio degli edifici, indipendentemente dalla destinazione d'uso, sono regolamentate dal *D.M. 22 gennaio 2008, n. 37* [1].

Tra gli impianti relativi al regolamento di cui sopra, quelli di particolare interesse ai fini dello svolgimento della presente relazione, in base alla classifica del *comma 2 dell'Art. 1*, sono i seguenti:

- Impianti di riscaldamento, di climatizzazione, di condizionamento e di refrigerazione di qualsiasi natura o specie (c);
- Impianti idrici e sanitari di qualsiasi natura o specie (d).

Per l'installazione, la trasformazione e l'ampliamento degli impianti citati nell'*Art. 1* è necessaria la redazione di un progetto da parte di un professionista iscritto negli albi professionali secondo la specifica competenza tecnica richiesta oppure dal responsabile tecnico della ditta installatrice. *"I progetti degli impianti sono elaborati secondo la regola d'arte"*, affinché siano effettivamente redatti a regola d'arte, i progetti devono essere conformi con la normativa vigente, con le indicazioni delle norme UNI, del CEI o di altri enti di normalizzazione.

Schemi degli impianti, disegni planimetrici e relazione tecnica devono essere contenuti all'interno del progetto, particolare attenzione dev'essere fornita alla tipologia e alle caratteristiche dei materiali, ai componenti e alle misure di prevenzione e sicurezza.

A lavori finiti vengono effettuate le verifiche previste dalla normativa vigente in seguito alle quali viene rilasciata la dichiarazione di conformità degli impianti realizzati nel rispetto delle suddette norme.

Alle violazioni degli obblighi del decreto vengono applicate sanzioni amministrative.

1.1. Acqua sanitaria

D.L. 2 Febbraio 2001, n. 31

Per disciplinare le acque destinate al consumo umano è stato emanato il *D.L. 2 febbraio 2001, n. 31* [1], come attuazione della direttiva europea *98/83/CE*. Tale decreto ha la finalità di proteggere la salute umana dai possibili effetti indesiderati derivanti dalla contaminazione delle acque.

All'*Art. 4* è imposto l'obbligo di salubrità e pulizia dell'acqua, la quale non deve quindi contenere al suo interno parassiti, microrganismi o altre sostanze in concentrazioni che possono rappresentare pericoli per la salute umana. L'acqua deve soddisfare i seguenti requisiti minimi presenti nell'*allegato I* del decreto.

Parte A

Tabella 1.1 Parametri microbiologici acque destinate al consumo umano

Parametro	Valore di parametro (numero/100ml)
Escherichia coli (E. coli)	0
Enterococchi	0

Parte B

Tabella 1.2. Parametri chimici acque destinate al consumo umano

Parametro	Valore di parametro	Unità di misura	Note
Acrilammide	0,1	µg/l	
Antimonio	5	µg/l	
Arsenico	10	µg/l	
Benzene	1	µg/l	
Benzo(a)pirene	0,01	µg/l	
Boro	1	mg/l	
Bromato	10	µg/l	
Cadmio	5	µg/l	
Cromo	50	µg/l	
Rame	1	mg/l	
Cianuro	50	µg/l	
1,2 dicloroetano	3	µg/l	
Epicloridrina	0,1	µg/l	
Fluoruro	1,5	mg/l	
Piombo	10	µg/l	
Mercurio	1	µg/l	
Nichel	20	µg/l	
Nitrato (come N03) (29)	50	mg/l	
Nitrito (come N02) (30)	0,5	mg/l	
Antiparassitari	0,1	µg/l	
Antiparassitari-Totale	0,5	µg/l	
Idrocarburi policiclici aromatici	0,1	µg/l	Somma delle concentrazioni di composti specifici
Selenio	10	µg/l	
Tetracloroetilene	10	µg/l	Somma delle concentrazioni
Tricloroetilene			dei parametri specifici
Triometani-Totale	30	µg/l	Somma delle concentrazioni di composti specifici; Nota IO
Cloruro di vinile	0,5	µg/l	
Clorito	200	µg/l	
Vanadio	50	µg/l	

Per le acque fornite attraverso rete di distribuzione, i parametri devono essere rispettati nel punto di consegna, in un punto prossimo alla rete di distribuzione e rappresentativo e all'uscita dai rubinetti utilizzati per il consumo. Devono essere effettuati controlli interni ed esterni.

La violazione delle disposizioni sopra indicate è punita con sanzione amministrativa.

A seguito del *D.L. 2 febbraio 2001, n. 31* viene adottato il *D.M. 6 aprile 2004, n. 174* [1] per regolamentare i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di distribuzione delle acque destinate al consumo umano. Le disposizioni sono applicate ai materiali degli impianti nuovi e a quelli utilizzati nelle riparazioni.

I materiali, gli oggetti e i loro prodotti di assemblaggio devono essere compatibili con le caratteristiche delle acque destinate al consumo umano e non devono, nel tempo, alterare l'acqua che hanno a contatto conferendole carattere nocivo per la salute oppure modificandone negativamente le caratteristiche organolettiche, fisiche, chimiche e microbiologiche.

Le disposizioni si applicano ai materiali costituenti le tubazioni, i raccordi, le guarnizioni e gli accessori e prevedono l'utilizzo di:

1. Metalli, leghe metalliche e rivestimenti metallici di seguito elencati (*allegato I*)
 - 1.1. Acciaio al carbonio
 - 1.1.1. Canalizzazioni in acciaio al carbonio rivestito.
 - 1.1.2. Componenti in acciaio al carbonio rivestito.
 - 1.2. Ghisa.
Canalizzazioni in ghisa rivestita; componenti in ghisa.
 - 1.3. Acciaio al carbonio zincato.
 - 1.4. Acciaio inossidabile.
 - 1.5. Rame e leghe.
 - 1.5.1. Tubazioni e raccordi in Rame Cu-DHP.
 - 1.5.2. Accessori in Rame Cu-ETP.
 - 1.5.3. Accessori in Rame Cu-OF.
 - 1.5.4. Tubazioni.
 - 1.5.4.1. Cupronichel 90/10.
 - 1.5.4.2. Ottoni all'alluminio (tubazioni, flange).
 - 1.5.5. Componenti in leghe di rame
 - 1.5.5.1. Ottoni.
 - 1.5.5.2. Bronzi allo stagno.
 - 1.5.5.3. Bronzi all'alluminio.
 - 1.5.6. Leghe Cupro-Nichel per impianti di dissalazione.
 - 1.6. Alluminio
 - 1.7. Titanio e le sue leghe
 - 1.7.1. Titanio
 - 1.7.2. Leghe di titanio

Sono previsti limiti sulle quantità di Cromo, Nichel, Molibdeno e sulle seguenti impurezze As, Sb, Cd, Pb per acciai e ghisa.

Sono previsti limiti su quantità di rame, fosforo, Ni, Mn, Fe, Al, Zn e sulle seguenti impurezze Bi, Oss., As, Sb, Cd, Pb per il rame e le sue leghe.

Sono previsti limiti su quantità di Al, V, Molibdeno, Ni, Fe e sulle impurezze As, Sb, Cd, Pd per il titanio e le sue leghe.

2. Leghe per brasatura (*allegato I*)

Sono previsti limiti sulle impurezze Pb, Sb, Cd per le leghe per brasatura.

3. Materiali a base di leganti idraulici, smalti porcellanati, ceramiche e vetri (*allegato II*)

3.1. Fibre

3.1.1. Fibre metalliche

Devono soddisfare le esigenze previste nell'allegato I.

3.1.2. Fibre minerali non metalliche

3.1.3. Fibre organiche

Fibre naturali cellulosiche, di polilefina, di policrilonitrile, di alcool polivinilico, di poliammide e di poliestere lineare.

Sono consentite aggiunte minerali e organiche.

4. Materie plastiche, gomme naturali e sintetiche (*allegato III*)

4.1. Materie plastiche

4.1.1. Monomeri, sostanze di partenza e additivi previsti dal *DM 21 Marzo 1973*

Possono essere utilizzati: piombo fosfito bibasico, piombo solfato tribasico, piombo stearato bibasico.

4.2. Gomme naturali e sintetiche

4.2.1. Elastomeri, sostanze di partenza e additivi previsti dal *DM 21 Marzo 1973*

Possono essere utilizzati: ossido di ferro, acido miristico, potassio idrossido, sodio pirofosfato, esafluorodipentametilene.

Devono essere effettuati controlli sulla migrazione globale e sulla migrazione specifica per verificare l'idoneità degli oggetti che saranno a contatto con l'acqua destinata al consumo umano.

UNI EN 806

La norma *UNI EN 806 [2]* tratta "specifiche relative agli impianti per il convogliamento di acque destinate al consumo umano". Al suo interno troviamo informazioni per la progettazione, per l'installazione, per l'esercizio e per la manutenzione assieme a metodi semplificati per il dimensionamento delle tubazioni. Viene quindi utilizzata per l'avviamento e la gestione degli impianti.

Da suddetta norma, i materiali accettabili sono i seguenti (elenco non esaustivo):

Tubi in *rame*, con raccordi di rame e leghe di rame per brasatura capillare, raccordi a compressione e a pressare in leghe di rame, curve di rame per saldatura. Se l'acqua potrebbe causare dezincificazione, le leghe dei raccordi non devono essere soggette a tale fenomeno. Nei raccordi di ottone fare attenzione a tensiocorrosione in caso di particolari sollecitazioni.

Tubi in *acciaio con zincatura* per immersione a caldo, devono essere giuntati con raccordi in ghisa malleabile filettati con zincatura per immersione a caldo. Saldatura o brasatura potrebbero danneggiare il rivestimento zincato. Possono essere utilizzati accoppiamenti di acciaio con estremità lisce se il rivestimento interno di protezione non è danneggiato.

Tubi in *acciaio inossidabile*, possono essere giuntati utilizzando raccordi a compressione, a pressare, per brasatura capillare o raccordi meccanici fabbricati con acciaio inossidabile, rame o leghe di rame.

Tubi in ghisa sferoidale, con raccordi di ghisa sferoidale con rivestimento. Il soggetto erogatore del servizio idrico potrebbe stabilire come requisito un rivestimento interno o esterno.

Materiali *plastici*, a patto che non presentino in prossimità sorgenti di calore che possano compromettere il loro rendimento.

Tubi in *cloruro di polivinile non plastificato (PVC-U)* per acqua fredda, raccordi in PVC-U per incollaggio con solventi, raccordi ad anello di tenuta in PVC-U, accoppiamenti meccanici fabbricati con materiali metallici appropriati.

Tubi in *polietilene (PE-HD, PE-MD)* per acqua fredda, collegati con raccordi per saldatura a bicchiere in PE-HD, raccordi per saldatura di testa in PE-HD o PE-MD, raccordi per elettrofusione in PE-HD, accoppiamenti meccanici fabbricati con materiali plastici o metallici appropriati.

Tubi in *poliossimetilene (POM)* per acqua fredda, con raccordi fabbricati con poliacetale.

Tubi in *polietilene reticolato (PE-X)* per acqua calda e fredda, collegati mediante raccordi a compressione fabbricati con materiali plastici o metallici appropriati.

Tubi in *polibutilene (PB)* per acqua calda e fredda, collegati con raccordi per saldatura a bicchiere in PB, raccordi per elettrofusione in PB, accoppiamenti meccanici fabbricati con materiali plastici o metallici appropriati.

Tubi in *copolimero di propilene (PP-H, PP-R)* per acqua calda e fredda, collegati con raccordi per saldatura a bicchiere in PP, raccordi per elettrofusione in PP, accoppiamenti meccanici fabbricati con materiali plastici o metallici appropriati.

Tubi in *cloruro di polivinile clorurato (PVC-C)* per acqua calda e fredda, collegati mediante raccordi con solventi in PVC-C o accoppiamenti meccanici fabbricati con materiali plastici o metallici appropriati.

Tubi *metallici multistrato (PEHD-AL-PEX, ecc.)* per acqua calda e fredda, collegati mediante raccordi a pressare fabbricati con materiali plastici o metallici appropriati, raccordi a compressione fabbricati con materiali plastici o metallici appropriati o raccordi filettati fabbricati con materiali metallici appropriati.

UNI EN 12502

La *UNI EN 12502 "Protezione di materiali metallici contro la corrosione - Raccomandazioni sulla valutazione della probabilità di corrosione in impianti di distribuzione e di deposito di acqua"* sostiene che in acque calde la probabilità di corrosione puntiforme dello zinco aumenta sensibilmente oltre 35°C, inoltre, a temperature di circa 35°C, la velocità di corrosione uniforme è massima. Come conseguenza, si consiglia l'uso di tubazioni zincate per la sola acqua fredda sanitaria. La stessa norma, assieme alla *UNI EN 806*, regola la combinazione dei componenti di materiale ferroso zincato e tubi di altro materiale, come per esempio l'accoppiamento dello zinco a valle del rame lungo il flusso d'acqua che comporta rischi di corrosione bimetallica e corrosione elettrochimica.

UNI 8065:2019

La *UNI 8065 [2] "Trattamento dell'acqua negli impianti per la climatizzazione invernale ed estiva, per la produzione di acqua calda sanitaria e negli impianti solari termici"*, definisce le caratteristiche chimico-fisiche che deve avere l'acqua utilizzata in impianti termici ad uso civile, siano essi di riscaldamento o di acqua calda sanitaria.

La norma UNI 9182 "Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua fredda e calda - Progettazione, installazione e collaudo" [2] è un supporto per progettisti e installatori. Al suo interno argomenta i parametri da considerare per il dimensionamento e la messa in esercizio delle reti di distribuzione acqua destinate al consumo umano. Integra argomenti non trattati nella serie UNI EN 806 ed elimina gli argomenti sovrapposti con quest'ultima.

Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi

Le *Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi* [3], oltre a informazioni di carattere generale sui batteri e sulla malattia dà anche indicazioni per la progettazione, la realizzazione e la gestione degli impianti a rischio, siano essi idro-sanitari, aeraulici o di raffreddamento/evaporazione. Di particolare interesse le indicazioni per la prevenzione delle infezioni da *Legionella*:

- Reti di acqua fredda e acqua calda sanitaria adeguatamente distanziate tra loro e da altre fonti di calore e adeguatamente isolate termicamente;
- Reti il più possibile lineari, senza tratti terminali ciechi e senza circolazione dell'acqua;
- Temperatura dell'acqua fredda inferiore a 20°C, per tale valore risulta trascurabile il rischio di colonizzazione e crescita di *Legionella*;
- Serbatoi di accumulo facilmente ispezionabili e dotati di rubinetto alla base per spurgare i sedimenti;
- Serbatoi dotati di secondo rubinetto posto almeno ad 1/3 dell'altezza per prelevare campioni d'acqua da sottoporre ad indagini;
- La tipologia di materiali utilizzati per la realizzazione dell'impianto deve garantire la possibilità di eseguire trattamenti di disinfezione;
- Temperatura dell'acqua calda superiore a 50°C, per tale valore risulta trascurabile il rischio di colonizzazione e crescita di *Legionella*;
Per impianti centralizzati si raccomanda la rete di ricircolo per mantenere la temperatura superiore a 50°C e nei serbatoi di accumulo la temperatura dev'essere mantenuta ad almeno 60°C;
- In seguito ad impossibilità di mantenere la temperatura dell'acqua fuori dall'intervallo 20-50°C occorre predisporre un sistema di disinfezione alternativo.

1.2. Climatizzazione

Gli impianti per la climatizzazione sono regolati da norme per quanto riguarda la sicurezza, i materiali delle tubazioni, l'identificazione dell'impianto e la coibentazione [4].

D.M. 1° dicembre 1975

Per prevenire infortuni sul lavoro, con il D.M. 1° dicembre 1975 "Norme di sicurezza per apparecchi contenenti liquidi caldi sotto pressione" sono state emanate le norme tecniche conosciute come Raccolta R, H ed E. Trattano dei generatori di calore e degli impianti di riscaldamento ad acqua calda sotto pressione con temperatura non superiore e superiore a quella di ebollizione a pressione atmosferica. Parte di esse è stata revisionata ed eliminata con l'entrata in vigore del D. Lgs 25 febbraio 2000, n. 93 "Attuazione della direttiva 97/23/CE in materia di attrezzature a pressione" [1] e del D.M. 1° Dicembre 2004, n. 392 "Regolamento recante norme per la messa in servizio ed utilizzazione delle attrezzature a pressione e degli insiemi di cui all'articolo 19 del decreto legislativo 25 febbraio 2000, n. 93" [1].

D. Lgs 25 febbraio 2000, n. 93

Le disposizioni di questo decreto riguardano attrezzature a pressione, tra cui anche le tubazioni, e impone, per l'immissione sul mercato e la messa in servizio, che siano conformi ai requisiti essenziali contenuti nell'allegato I dello stesso decreto. Devono perciò essere sottoposte a procedure con lo scopo di garantirne l'utilizzo in sicurezza.

UNI 10412

Per le condizioni e le modalità di progettazione, di installazione e verifica ai fini della sicurezza degli impianti di riscaldamento che utilizzano come fluido termovettore acqua calda a temperatura inferiore o uguale a 110°C è stata pubblicata la norma UNI 10412 [2] Parte 1: "Requisiti specifici per impianti con generatori di calore alimentati da combustibili liquidi, gassosi, solidi polverizzati o con generatori di calore elettrici" e Parte 2: "Requisiti specifici per impianti con apparecchi per il riscaldamento di tipo domestico alimentati a combustibile solido con caldaia incorporata, con potenza del focolare complessiva non maggiore di 35 kW".

D.M. 10 febbraio 2014

Per impianti termici, già esistenti o di nuova costruzione, per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici e per la preparazione dell'acqua per usi igienici e sanitari, in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione è stato decretato il D.M. 10 febbraio 2014 [1] il quale impone che gli impianti termici siano muniti di un "libretto di impianto per la climatizzazione" conforme con il modello riportato nell'allegato I del decreto stesso.

D.P.R 26 agosto 1993, n. 412

Il *D.P.R. 412/93* [1] regola le norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici. Di particolare interesse l'*allegato B "Isolamento delle reti di distribuzione del calore negli impianti termici"* dove impongono limiti su spessore minimo del materiale isolante in funzione della conduttività termica e del diametro della tubazione.

UNI EN 10255:2005¹

La norma europea *EN 10255 "Tubi di acciaio non legato adatti alla saldatura e alla filettatura - Condizioni tecniche di fornitura"* [2] [4] specifica i requisiti per i tubi di acciaio non legato adatti alla saldatura e alla filettatura per tubi con diametri esterni da 10,2 mm a 165,1 mm.

UNI EN 10216-1:2014¹

La norma europea *EN 10216-1 "Tubi di acciaio senza saldatura per impieghi a pressione - Condizioni tecniche di fornitura - Parte 1: Tubi di acciaio non legato per impieghi a temperatura ambiente"* [2] specifica le condizioni tecniche di fornitura di tubi di acciaio non legato di qualità senza saldatura a sezione circolare, per impieghi a temperatura ambiente.

UNI EN 10240:1999

La norma *UNI EN 10240:1999 "Rivestimenti protettivi interni e/o esterni per tubi di acciaio - Prescrizioni per i rivestimenti di zincatura per immersione a caldo applicati in impianti automatici"* [2] [4] stabilisce le prescrizioni e le prove relative ai rivestimenti di zincatura per immersione a caldo applicati a tubi di acciaio zincati destinati agli impianti per il gas e per l'acqua, compresa l'acqua destinata al consumo da parte dell'uomo, e ad altri impieghi.

UNI EN 1057

I tubi in rame per impiantistica sono regolati dalla *UNI EN 1057:2010 "Rame e leghe di rame - Tubi rotondi di rame senza saldatura per acqua e gas nelle applicazioni sanitarie e di riscaldamento"* [2] [4] la quale stabilisce i requisiti, il campionamento, i metodi di prova e le condizioni di fornitura per tubi di rame tondi senza saldatura. È applicabile ai tubi aventi un diametro esterno da 6 mm fino a/incluso 267 mm, utilizzabili per: reti di distribuzione per acqua calda ed acqua fredda; sistemi di riscaldamento ad acqua calda, compresi i sistemi di riscaldamento a pannelli; distribuzione del gas domestico e combustibile liquido; scarichi di acqua sanitaria. La norma è applicabile anche a tubi di rame tondi senza saldatura che debbono essere preisolati prima del loro utilizzo per ciascuno degli scopi di cui sopra.

¹ Ammessi per circuiti con temperatura fino a 100°C dove non sono ammesse giunzioni filettate [4]

Principali norme per tubazioni in materiale plastico

Polietilene con riferimento a *UNI EN 12201* [2], polipropilene con riferimento a *UNI EN ISO 15874* [2], polibutene con riferimento a *UNI EN ISO 15876* [2], multistrato con riferimento a *UNI EN ISO 21003* [2].

2. Reti di distribuzione fluidi

2.1. Acqua e sue proprietà

Il fluido termovettore per eccellenza negli impianti termotecnici è l'acqua. Risulta, però, di grande interesse anche per quanto riguarda gli utilizzi in ambito industriale.

È utile ed interessante conoscere le proprietà dell'acqua [4] [5]:

- Massa volumica, anche chiamata densità, è funzione della temperatura e della pressione. In condizioni standard di temperatura 20°C (293,15 K) e pressione 101325 Pa vale:

$$\rho_{H_2O} = 998,2 \frac{kg}{m^3}$$

- Temperatura di fusione:

$$T_{f,H_2O} = 0 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (273.15 K)}$$

- Temperatura di ebollizione:

$$T_{eb,H_2O} = 100 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (373.15 K)}$$

- Tensione di vapore alla temperatura 20°C (293,15 K):

$$p_v = 2338,54 \text{ Pa}$$

- Viscosità dinamica nelle condizioni standard:

$$\mu_{H_2O} = 1,0 \text{ mPa s}$$

- Viscosità cinematica nelle condizioni standard:

$$\nu_{H_2O} = 1,0 \frac{mm^2}{s}$$

2.2. Perdite di carico distribuite

Le perdite di carico distribuite [4] sono dovute agli attriti che incontra l'acqua fluendo all'interno delle tubazioni. Per moto completamente sviluppato, la formula per esprimere le perdite di carico per attrito è la formula di Darcy-Weisbach (2.1)

$$\Delta h = f \frac{L}{D} \frac{w^2}{2g} \text{ [m. c. a]} \quad (2.1)$$

dove:

- Δh = perdite per attrito in termini di colonna di liquido [m.c.a];
- f = coefficiente di attrito [/];
- L = lunghezza del condotto [m];
- $\frac{w^2}{2g}$ = pressione dinamica [m].
- D = diametro [m]

Il coefficiente di attrito è ricavabile dal diagramma di Moody in funzione del numero di Reynolds (2.2) e della scabrezza del tubo ε [mm], più precisamente dalla scabrezza relativa $\frac{\varepsilon}{D}$, oppure calcolabile con l'equazione di Colebrook (2.3). Essendo un'equazione implicita in f , necessita di una risoluzione iterativa.

$$Re = \frac{Dw\rho}{\mu} = \frac{Dw}{\nu} \quad (2.2)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1,74 - 2 \log \left[2 \frac{\varepsilon}{D} + \frac{18,7}{Re\sqrt{f}} \right] \quad (2.3)$$

Dalla (2.1) si evince che diminuendo il diametro, a parità delle altre caratteristiche, si ha un aumento di perdita di carico. Quanto più il diametro è piccolo, tanto più la velocità all'interno della tubazione dev'essere limitata, oltre che per il contributo alla perdita di carico, anche per contenere fenomeni di erosione e rumori fastidiosi. D'altro canto, con l'aumentare del diametro della tubazione aumenta il costo della stessa.

2.3. Perdite di carico localizzate

Le perdite di carico localizzate [4] sono calcolabili attraverso la (2.4).

$$\Delta h = \zeta \frac{w^2}{2g} \text{ [m. c. a]} \quad (2.4)$$

dove il coefficiente ζ è caratteristico di ogni elemento, sia esso una curva, una derivazione, una contrazione, una valvola, un pezzo speciale, ecc.

2.4. Pompe

La pompa [4] è una macchina operatrice idraulica in grado di fornire ad un fluido l'energia che necessita per fluire dentro un circuito. La scelta della pompa implica tener conto di aspetti come il tipo di esercizio, la forma costruttiva, il tipo di servizio, il fluido che serve, il tipo di impianto e le possibilità di installazione. Le caratteristiche fondamentali sono la portata e la prevalenza, dovranno però essere precisate le condizioni di aspirazione, la velocità di rotazione, il rendimento, il rumore, così come i costi di acquisto, installazione, esercizio e manutenzione.

Essendo costruite per lavorare con portate e prevalenze basse e medie, le pompe centrifughe sono quelle maggiormente impiegate negli impianti termici.

Il comportamento delle pompe è rappresentato dalle curve caratteristiche che legano ai valori di prevalenza (H) quelli della portata (Q) in funzione della velocità di rotazione. Dalle curve caratteristiche si possono ricavare anche altri dati come il rendimento (η) e la potenza assorbita (Pa).

Per la scelta della pompa bisogna avere chiaro il comportamento delle perdite di carico del circuito. Per assicurare portata e prevalenza in un circuito risulta necessaria la scelta di una pompa la cui caratteristica, intersecata a quella del circuito stesso, risulti nel punto di funzionamento richiesto, come indicato in Figura 2.1.

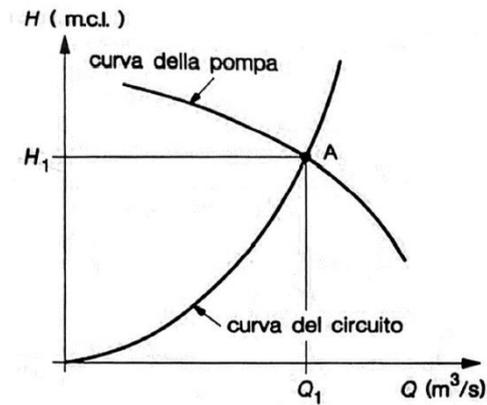


Figura 2.1. Curve caratteristiche della pompa e del circuito e punto di funzionamento

La potenza assorbita è anche calcolabile attraverso la (2.5).

$$P_a = \frac{Q\rho gH}{1000\eta} [kW] \quad (2.5)$$

2.5. Valvole

Le valvole [4] sono organi di regolazione del flusso che vengono scelti e dimensionati in base alle funzioni da svolgere e alle dimensioni dei circuiti. Esse creano perdite di carico valutabili attraverso la (2.6) conoscendo il coefficiente di portata K_v . Tale coefficiente rappresenta la portata di acqua alla temperatura di 20°C che crea una perdita di carico unitaria attraversando la valvola.

$$\Delta p = \left(\frac{Q}{K_v}\right)^2 [bar] \quad (2.6)$$

Possono essere inserite nelle tubazioni con collegamenti a flangia, attraverso saldatura o avvitare alla tubazione.

2.6. Tubazioni

I tubi [6] sono profilati cilindrici realizzati di materiali di costruzione che possono essere molto differenti in funzione delle svariate applicazioni e dei fluidi che si trovano al loro interno. Collegandoli per formare sistemi complessi, essi hanno il compito di trasferire fluidi all'interno di essi.

Possono essere rigidi o flessibili e sono scelti in funzione di parametri fondamentali come l'aggressività del fluido, la temperatura di esercizio e la pressione. A caratterizzarli, quindi, sono il *diametro nominale DN* e la *pressione nominale PN* (a 20°C).

I materiali più impiegati, nonché oggetto di studio, sono i seguenti.

2.6.1. Acciaio

Le tubazioni in acciaio [4] si distinguono in due grandi categorie: tubi senza saldatura e tubi saldati.

Il comportamento dell'acciaio varia molto in funzione delle temperature. Bisogna fare considerazioni e scegliere acciai speciale nel caso di temperature basse, sotto i -10°C , in quanto diventa fragile oppure nel caso di alte temperature, oltre i 110°C , in quanto si hanno riduzioni della resistenza meccanica. Occorre tenere conto della possibile corrosione causata da correnti vaganti e dei problemi che si creano dalla dilatazione termica.

Sino al diametro di 4" le tubazioni in acciaio sono senza saldatura le norme ne regolano le dimensioni.

Caratteristiche *tubi acciaio, SS EN 10255, GAS in acciaio non legato S 195T* [7]

- Senza saldatura.
- Pressione di prova: 50 bar.
- Carico di rottura R 320-520 N/mm².
- Carico minimo di snervamento: R 195 N/mm².
- Tolleranze:
 - o spessore, $\pm 12,5\%$;
 - o massa (peso x m lineare) per singolo tubo, $\pm 10\%$.
- Materiali: acciaio non legato S195T. In canne da 6 m.
- Unità di misura: m.
- Estremità lisce o filettabili.

2.6.2. Acciaio zincato

La zincatura offre un rivestimento, di ferro e zinco, che protegge l'acciaio dai fenomeni di corrosione. Questo rivestimento li rende adatti anche per acque ad uso domestico.

Zincatura a caldo senza piombo *UNI EN 10240 A1* conforme al *D.L. Ministero della Salute 6.4.2004 n° 174* per utilizzo acqua a consumo umano [7].

Filettatura: a perno ed a manicotto:

- perno (vite) conica 1:16 UNI 339;
- manicotto cilindrica UNI 338.

2.6.3. Acciaio inossidabile

L'acciaio inossidabile è un materiale ad elevata resistenza alla corrosione di qualità maggiore rispetto al rivestimento zincato. È infatti da preferirsi per l'uso di impianti per acqua ad uso domestico.

Tubazioni in acciaio Inox 1.4404 (316L) con certificazione DVGW per acqua potabile e gas e VdS per impianti antincendio.

Tubazioni in acciaio Inox 1.4307 per applicazioni industriali, aria compressa, riscaldamento e raffrescamento [8].

2.6.4. Rame

I tubi in rame [4] presentano caratteristiche molto favorevoli per quanto riguarda il loro impiego negli impianti termici e per acqua ad uso domestico. Tra le più importanti possiamo citare:

- Rapidità e semplicità di posa in opera;
- Raccordi a tempi ridotti per la saldatura a capillarità;
- Ridotte perdite di carico;
- Alta resistenza alla corrosione;
- Buon comportamento nei confronti dei materiali da costruzione e dei fluidi convogliati;
- Notevole resistenza alla rottura.

Caratteristiche tubo *SCUDO*® [9]:

- Prodotto secondo la norma europea *DIN EN 1057*;
- Stato fisico: R220 (tubi in bobine) - R290 (tubi in verghe);
- Rugosità assoluta: $e. = 0,0015$ mm;
- Coefficiente di dilatazione termica lineare: $0,0168$ mm / m ° C;
- Conducibilità termica: $\lambda = 364$ W / m ° C (a 20 ° C);
- Residuo di carbonio: $C < 0,06$ mg / dm² (tubi in bobine);
- Non riduce la durezza alle alte temperature;
- Completamente impermeabile ai gas;
- Resistente ai raggi UV;
- Disponibili preisolati.

2.6.5. Polivinilcloruro (PVC)

Il tubo in *PVC* ha ottime caratteristiche per quanto riguarda la corrosione, l'impermeabilità e la rugosità. Nel caso in esame [10] è conforme alla norma *UNI EN ISO 1452-2* per il trasporto di fluidi in pressione per adduzione di acqua potabile, irrigazione e acque reflue a marchio IIP conforme al *D.M.174 del 06/04/2004* (acque destinate al consumo umano).

Caratteristiche tubo *PVC*:

- Resistenza minima richiesta a 50 anni $MRS \geq 25$ MPa;
- Carico di snervamento ≥ 45 Mpa;
- Coefficiente di dilatazione termica lineare = $0,06$ mm/m°C;
- Temperatura di rammollimento $> 80^\circ\text{C}$;
- Resistenza alla pressione interna:
 - o $>1\text{h}$ a 20°C e 42 MPa;
 - o $>1000\text{h}$ a 60°C a $12,5$ MPa;
- Conducibilità termica = $0,13$ Kcal/h m°C.
- Pressione di esercizio:
 - A 20°C PN6 = 6 bar, PN10 = 10bar, PN16 = 16 bar;
 - A 40°C PN6 = 4 bar, PN10 = 6 bar, PN16 = 8 bar;
 - A 60°C PN6 = - bar, PN10 = 2 bar, PN16 = 3 bar;

2.6.6. Polietilene (PE)

I tubi in *polietilene* [4] sono da impiegare unicamente per tubazioni interrato e devono essere protette contro le radiazioni solari.

Per gli utilizzi sanitari e per riscaldamento bisogna usare tubi in polietilene reticolato ad alta densità.

Caratteristiche tubi *PE-X* [11]

- Temperatura continua massima = 70°C con picchi accettabili di 95°C (Range temperature materiale da -100°C a 110°C);
- Elevata flessibilità e leggerezza;
- Alto coefficiente di isolamento acustico;
- Elevata resistenza all'abrasione;
- Pessimo conduttore elettrico;
- Memoria termica che permette di correggere curvature errate scaldando il tubo;
- Buona struttura superficiale che consente basse perdite di carico.
- Punto di fusione = 133°C;
- Conducibilità termica = 0,35 W/m K;
- Coefficiente di dilatazione lineare = 1,4 E-4 m/mK.
- Possibilità di barriera all'ossigeno;
- Rugosità interna = 0,0005mm.

2.6.7. Polipropilene (PP)

I tubi di *polipropilene* sono usati come componenti per impianti idro-termosanitari, meccanici e tecnologici e possono essere sviluppati e personalizzati a seconda dell'applicazione a cui sono destinati, di particolare interesse il tubo in *PP-R 80 Super* [12]. Sono state apportate modifiche alla materia prima per migliorare la qualità e le prestazioni del materiale rispettando le caratteristiche di organoletticità e potabilità dell'acqua.

Caratteristiche tubo in *PP-R 80 Super*:

- Alta resistenza all'ossidazione;
- Elevata resistenza alla pressione;
- Resistenza a fenomeni di corrosione;
- Materiale riciclabile al 100%;
- Conducibilità termica a 20°C = 0,220 W/mK;
- Coefficiente di dilatazione = 0,035 mm/mK;
- Rugosità interna = 0,007mm;
- Disponibile preisolato.

2.6.8. Polibutilene (PB)

Tubi in *polibutilene* utilizzabili per impianti di riscaldamento e sanitari. Risulta estremamente flessibile, più dei precedenti *PP-R* e *PE-X*, sono totalmente anticorrosione e la loro aspettativa di vita può arrivare anche a cento anni a seconda delle condizioni di utilizzo.

Caratteristiche tubo in *PB-1* [13]

- Campo di temperature da -15°C a 95°C;
- Perdite di carico ridotte;
- Elevata resistenza chimica;
- Conducibilità termica = 0,19 W/mK;
- Coefficiente di dilatazione = 0,13 mm/mK;
- Pressione massima di esercizio a 95°C = 8bar.
- Disponibile preisolato.

2.6.9. Multistrato

Il tubo *multistrato* è una soluzione più moderna rispetto alle altre che cerca di unire i vantaggi dei materiali plastici e quelli ferrosi. Esso, infatti, è formato da uno strato interno in PE-X che viene a contatto con il fluido, uno secondario in alluminio per beneficiare della stabilità meccanica del materiale e un ultimo strato esterno in PE-X che protegge in fase di installazione, da agenti esterni o da abrasione e usura.

Facendo riferimento al tubo WELCO [14], notiamo che il tubo non è elettricamente conduttivo, caratteristica che permette di usarlo in impianti con tubi di diversi materiali. Permette l'installazione di lunghi tratti senza giunzioni in quanto è facilmente piegabile e mantiene la posizione voluta. Utilizzabile per acqua a consumo umano in quanto sicuro dal punto di vista igienico e tossicologico. Lo strato metallico costituisce una barriera per ossigeno e gas in generale rendendo la tubazione impermeabile e permette anche di sopportare sollecitazioni termiche e di pressione, presenti soprattutto negli impianti sanitari. Il tubo risulta inoltre molto leggero rispetto ad un equivalente in ferro, difficilmente infiammabile, con buone proprietà di attenuazione dei suoni, interamente riciclabile e con una garanzia di vita di 50 anni.

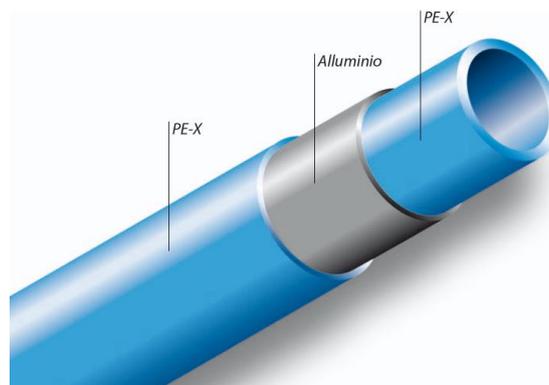


Figura 2.2. Tubo multistrato

Caratteristiche tubo *WELCO-Flex*:

- Campo di temperature: da -45°C a 95°C, con punte di oltre 100°C per brevi periodi;
- Massima pressione di esercizio a 95°C = 10 bar, con picchi di 15;
- Scabrosità interna =
- Coefficiente di dilatazione lineare = 0,024 mm/mK;
- Conducibilità termica = 0,43 W/mK;
- Raggio di curvatura 5xD se libera, 3.5xD se effettuata con piegatubi;
- Disponibile preisolato.

2.6.10. Riassunto caratteristiche

Si riportano di seguito le caratteristiche dei materiali sopracitati con l'indicazione per il possibile utilizzo negli impianti sanitari e negli impianti di climatizzazione.

Tabella 2.1. Caratteristiche generali dei materiali

Materiali	T max utilizzo [°C]	Coeff. dil. lin. [mm/mK]	Rugosità interna [mm]	p max esercizio [bar]	Flessibilità (0-3)	Anti-corrosivo	Impermeabile	Riciclabile	Impianto sanitario	Impianto clima.
Acciaio	110	0,012	0,03	>80 ¹	0	No	No	Si	No	Si
Acciaio zincato	110	-	0,02	-	0	Si	Si	Si	AFS	Si
Acciaio inox	110	0,017	0,0015	-	0	Si	Si	Si	Si	Si
Rame	110	0,0168	0,0015	>30 ²	1	Si	Si	Si	Si	Si
Polivinilcloruro	60	0,06	0,007	16 ³	0	Si	Si	Si	Si	No
Polietilene	70	0,19	0,0005	10	2	Si	Si	Si	Si	Si
Polipropilene	70	0,035	0,007	12,5	2	Si	No	Si	Si	Si
Polibutilene	95	0,13	0,007	8	3	Si	Si	Si	Si	Si
Multistrato	95	0,0024	0,0015	10	2	Si	Si	Si	Si	Si

I materiali metallici, acciai e rame, possono essere impiegati per utilizzi a temperature molto elevate, anche oltre i 400°C. I dati in tabella sono riferiti al solo uso per gli impianti ad acqua calda.

Per i materiali permeabili è possibile applicare barriere all'ossigeno.

¹ Aumenta al diminuire del diametro fino a superare 320 bar

² Aumenta con il diminuire del diametro fino ad arrivare a 246 bar

³ Diminuisce all'aumentare della temperatura, 16 bar per 20°C

2.7. Posa, supporti e dilatazioni

La *posa delle tubazioni* [4] deve avvenire in modo tale da avere abbastanza spazio per facilitare l'esecuzione del rivestimento isolante e per consentire un eventuale smontaggio. Devono anche essere opportunamente sostenute per far sì che il peso non gravi sui collegamenti, specialmente nei punti di collegamento con pompe, valvole, ecc. Per le tubazioni contenenti acqua occorre prevedere una pendenza di almeno l'1% per far sì che le operazioni di sfogo dell'aria e di svuotamento dell'impianto risultino facilitate, a meno che non siano presenti scarichi d'acqua e sfoghi in numero maggiore rispetto al normale.

I collegamenti delle tubazioni alle apparecchiature devono essere eseguiti in modo smontabile.

Una volta realizzati supporti e staffe, la superficie delle lavorazioni deve essere preparata mediante spazzolatura al fine di poter applicare la verniciatura antiruggine, a meno che la tubazione non sia già predisposta del colore desiderato. Una volta che gli spezzoni di tubo sono pronti si procede alla loro unione mediante varie tecnologie che verranno introdotte nel paragrafo seguente.

Proseguendo nella posa in opera della tubazione, nel caso di installazione sottotraccia è da evitarsi il contatto delle tubazioni con gesso e materiali eterogenei o porosi come impasti di legno e cemento, laterizio ecc. per evitare di innescare fenomeni corrosivi. Se la tubazione deve essere annegata nella malta, questa deve essere confezionata con cemento di ottima qualità, sabbia, ghiaia silicea e acqua pura, altrimenti occorre proteggere il tubo con carta catramata o guaina anticorrosiva. Nel caso di tubazioni preisolate ricorrere a uno strato protettivo superficiale per evitare la penetrazione di materiali corrosivi nell'isolamento.

Ad assemblaggio finito, prima di montare l'isolante, è opportuno effettuare una *prova di pressione*. Se durante la prova non si notano perdite si procede con un lavaggio delle tubazioni da eseguirsi finché l'acqua non ne esce completamente pulita. Vengono poi effettuate il carico idrico finale e la prova di circolazione a caldo.

Attraversamenti di pareti e pavimenti devono avvenire in manicotti di acciaio zincato o PVC. I manicotti devono permettere la libera dilatazione delle tubazioni. Lo spazio libero tra tubo e manicotto deve essere riempito con lana di roccia o altro materiale incombustibile per evitare la trasmissione di rumore, vibrazioni o fumi e fiamme in caso di incendio.

Le tubazioni possono venire fissate a soffitto o a parete tramite *mensole, staffe o supporti apribili a collare*. Tutti i supporti devono essere realizzati in maniera da non trasmettere vibrazioni e rumore dalle tubazioni alle strutture. Gli ancoraggi dei punti fissi per le tubazioni calde devono essere adeguati alle spinte a cui vengono sollecitati. Per tubazioni da coibentare è necessario prevedere lo spazio per l'altezza dell'isolante in modo da evitare l'interruzione del rivestimento in corrispondenza dei sostegni.

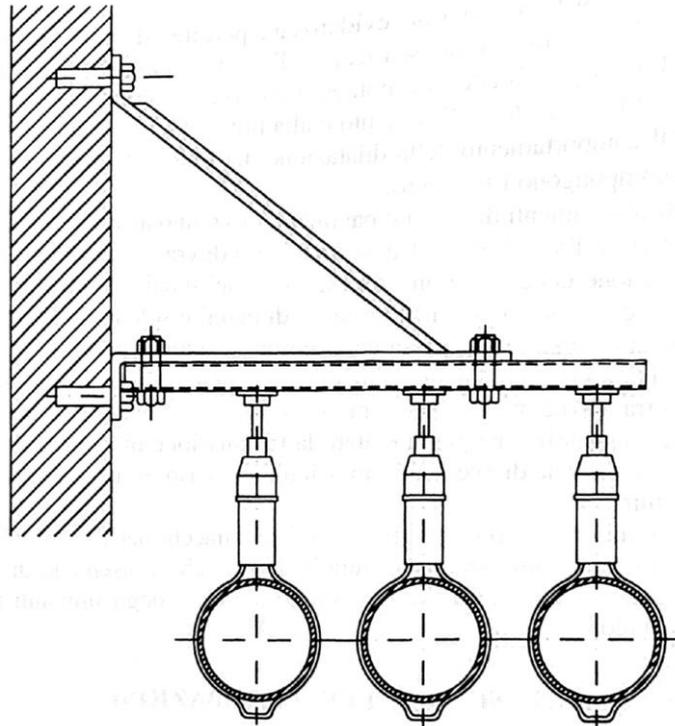


Figura 2.3. Mensola con collari di sostegno

Le *variazioni di temperatura* determinano cambiamenti nelle dimensioni delle tubazioni. Un esempio è la differenza di temperatura che sente un impianto di riscaldamento posato a 10°C con temperatura di funzionamento a 90°C.

Una volta noto il percorso delle tubazioni, bisogna tenere conto del fatto che non sempre le tubazioni si possono muovere liberamente e valutare gli sforzi esercitati sui vincoli e sulle apparecchiature collegate così come le perdite che si possono determinare in seguito alla deformazione dei tubi. Lo sforzo che si crea quando viene impedita una dilatazione in seguito ad una differenza di temperatura ΔT è dato dalla (2.6)

$$\sigma = \alpha \Delta T E \quad (2.6)$$

con:

- σ = sollecitazione [N/mm²];
- α = coefficiente di dilatazione lineare [mm/m°C];
- E = modulo di elasticità di Young [N/mm²].

È necessario studiare le dilatazioni, calcolabili con la (2.7), e permettere alle tubazioni di muoversi entro certi limiti attraverso idonei compensatori di dilatazione

$$\Delta L = \alpha L \Delta T \quad (2.6)$$

con:

- L = lunghezza del tubo [m];

Nell'ambito degli impianti di riscaldamento è possibile semplificare il problema introducendo *circuiti* a "L", a "Z" o a "U" come indicati in Figura 2.4. Occorre che i tubi siano guidati nel loro movimento e si possano spostare per far fronte alla dilatazione.

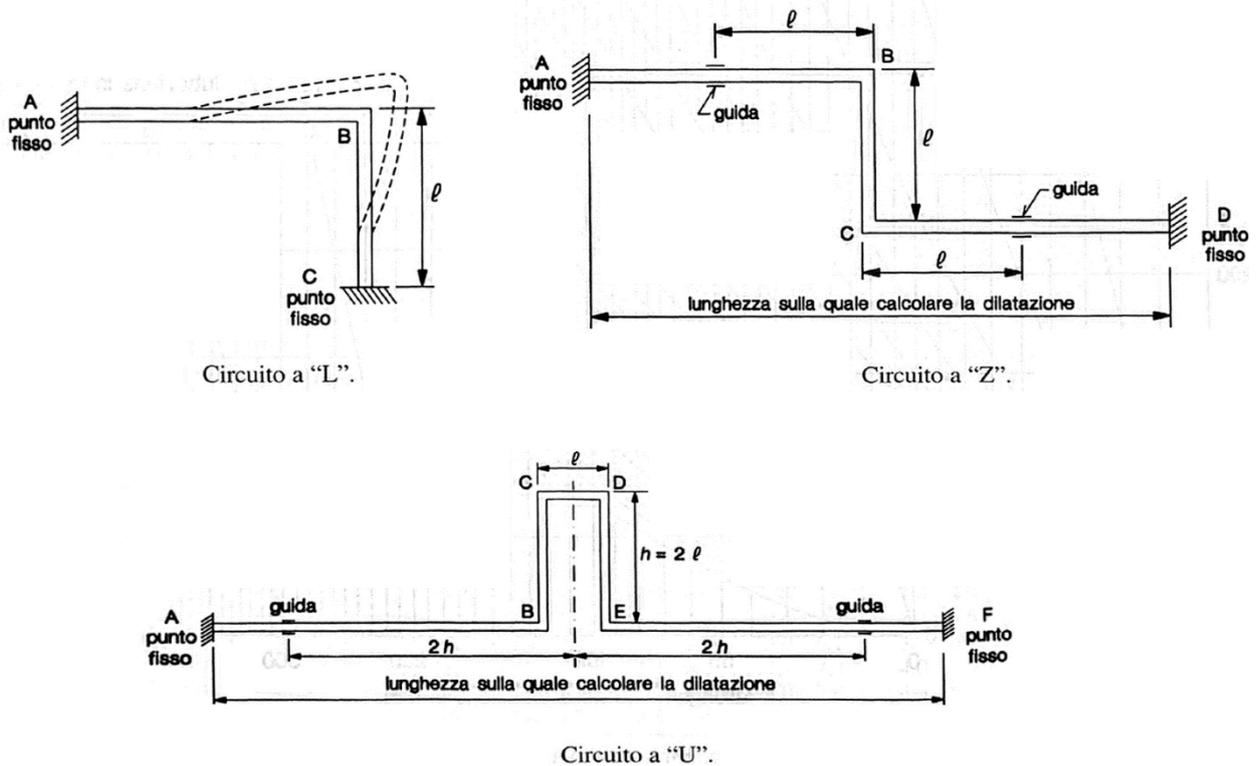


Figura 2.4. Circuiti per compensare le dilatazioni negli impianti di riscaldamento

Ovunque non sia possibile compensare le dilatazioni con i metodi sopra indicati occorre predisporre l'impianto di particolari componenti chiamati *compensatori di dilatazione*. L'elemento fondamentale di questi componenti è il *soffietto*, una serie di ondulazioni anulari che consentono di garantire un'alta flessibilità. I principali tipi di compensatori sono i seguenti:

- Compensatori assiali;

Possono assorbire sforzi dovuti a compressione e trazione lungo il loro asse. Importante predisporre, lungo il tratto di tubazione, guide assiali, striscianti o a rulli e delimitare le estremità attraverso punti fissi.

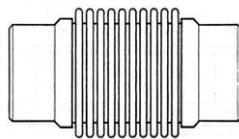


Figura 2.5. Compensatore assiale

- Compensatori angolari;

Costituiti da un soffietto trattenuto da tiranti incernierati, è in grado di assorbire solo movimento angolari. Consentono di assorbire dilatazioni che giacciono sullo stesso piano. Da utilizzarsi in coppia o terna.

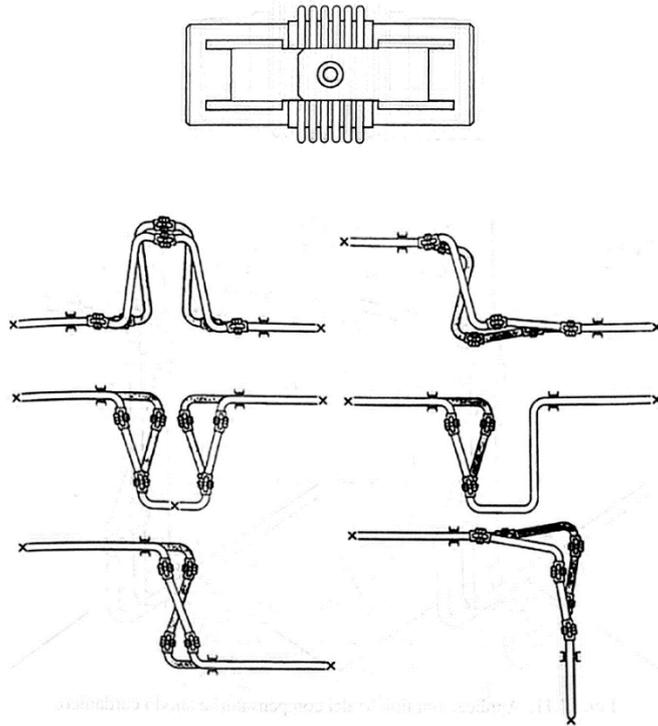


Figura 2.6. Compensatore angolare e applicazioni tipiche

- Compensatori a snodo cardanico;

I compensatori cardanici permettono il movimento angolare in ogni piano, a differenza di quello angolare. Formati da un soffietto e quattro tiranti. Sono da utilizzarsi in coppia.

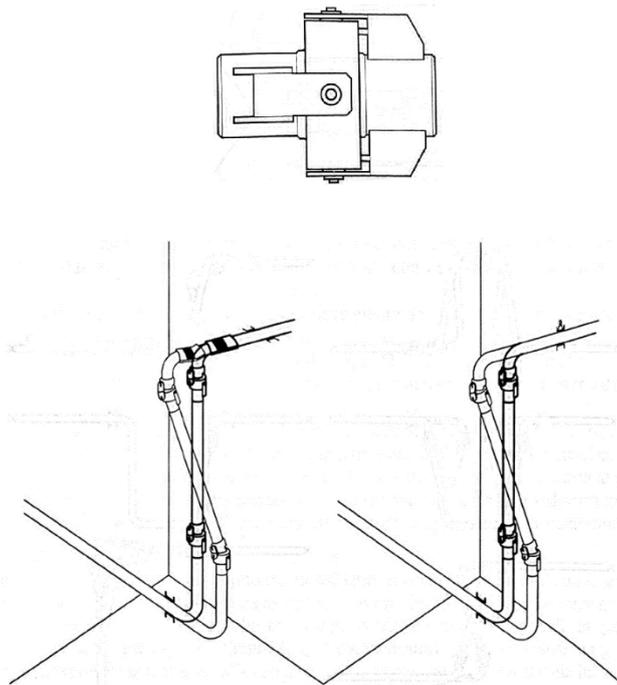


Figura 2.7. Compensatore a snodo cardanico e applicazioni tipiche

- Compensatori sferici.

Il circuito composto da due tratti di tubazione con terminali sferici permette di assorbire dilatazioni in ogni direzione purché sia giacente su un piano ortogonale all'asse del compensatore. Un compensatore sferico può essere usato in sostituzione a due cardanici.

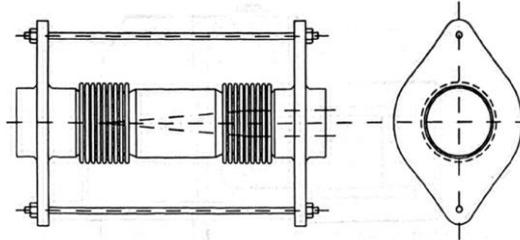


Figura 2.8 Compensatore sferico

Per sostenere le tubazioni, consentendone gli spostamenti orizzontali, si utilizzano i supporti a rulli. Esistono diversi componenti in funzione del peso, della dimensione del tubo e della presenza o meno dell'isolante. In quest'ultimo caso si usano apposite selle.

2.8. Giunzioni

Giunzioni filettate

La *filettatura* può essere eseguita con filiere a mano o a macchina, deve essere di tipo normalizzato con filetto conico. Sulla filettatura, eseguita tramite pettini affilati e ben lubrificati se la tubazione non ne è già provvista, vengono avvitati i raccordi con l'ausilio di canapa, teflon oppure PTFE che aiutano a sigillare la giunzione in modo da non permettere all'acqua vie di fuga.

Le giunzioni filettate sono tipiche per tubi zincati ma possono essere utilizzate per la maggior parte dei materiali.

Saldatura

Per tubi con diametro fino a DN 80 si utilizza la *saldatura ossiacetilenica*. Le estremità devono presentare un taglio netto perpendicolare all'asse del tubo stesso se lo spessore è minore di 3mm, altrimenti è necessaria una smussatura a 45° fino a circa metà dello spessore.

Per tubi oltre il DN 80 è da preferirsi la *saldatura elettrica*. Una doppia passata è consigliabile utilizzando elettrodi di qualità e conformi alle norme.

Nelle tubazioni saldate, i collegamenti con le apparecchiature devono avvenire tramite flange. Le saldature devono essere eseguite secondo le norme.

La saldatura è tipica per i tubi cosiddetti neri.

Saldatura per polifusione

La saldatura per polifusione, anche chiamata a bicchiere, avviene attraverso saldatrici dotate di piastre che scaldano le estremità di tubi e raccordi permettendo il loro accoppiamento e fissaggio. Utilizzabile con materiali plastici quali polietilene e polipropilene.



Figura 2.9 Giunzione tramite polifusione termica

Pressfitting

Il sistema *pressfitting* [8] è un sistema di raccordatura che consente di realizzare giunzioni in impianti civili, industriali, navali ed antincendio. I diametri disponibili vanno da 12 a 108 mm. L'elemento base del sistema è il *raccordo a pressare*. Esso è predisposto alla pressatura attraverso una sede sagomata, ad ogni estremità, nella quale viene inserito un anello, o-ring, di tenuta in gomma sintetica. La giunzione avviene introducendo il tubo nel raccordo fino alla battuta e successivamente pressando quest'ultimo sul tubo mediante un'apposita ganaschia azionata da una pressatrice. La pressatura determina deformazioni tali da garantire la tenuta ermetica del tubo e da impedirne lo sfilamento e la rotazione.

I vantaggi che ne risultano sono i seguenti:

- Alternativa pratica a saldatura e filettatura;
- Riduzione costo complessivo dell'impianto;
- Semplicità e rapidità di montaggio;
- Sistema pulito, sicuro e senza rischi per l'installatore;
- Affidabilità e sicurezza di tenuta nel tempo;
- Aspetto esteticamente piacevole per le installazioni a vista;
- Qualità finale dipendente dall'attrezzatura e non dall'operatore.

Solitamente tale sistema viene usato per tubazioni in acciaio al carbonio, acciaio inox, cupronichel e rame.

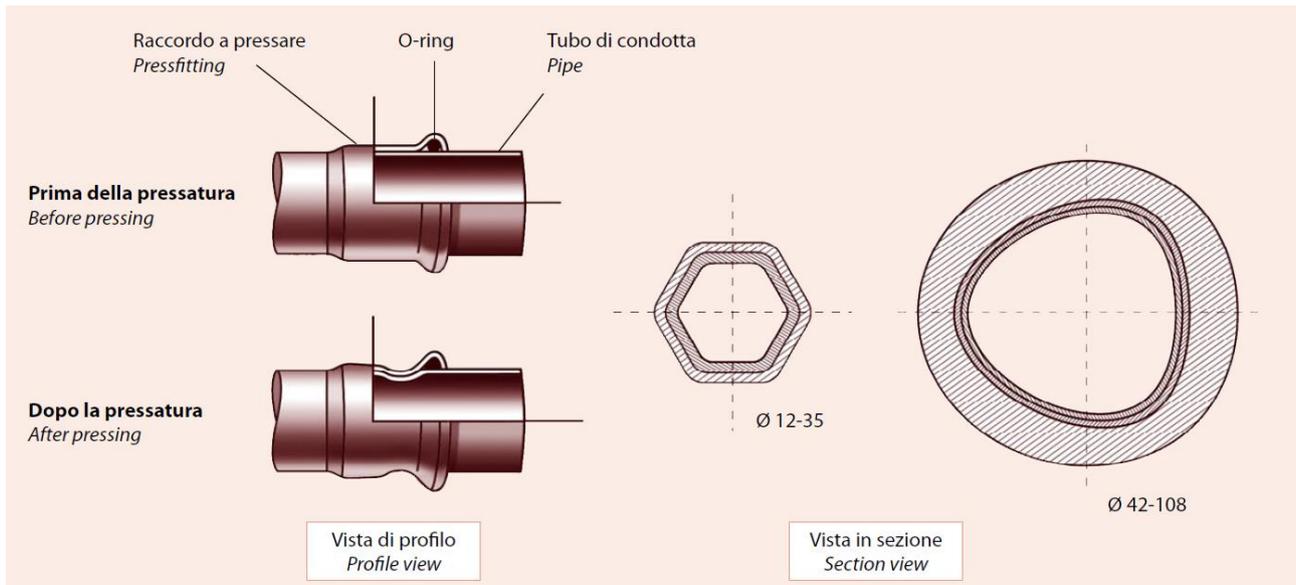


Figura 2.10. Giunzione del raccordo tramite pressfitting

Gli *o-ring* sono previsti in due configurazioni: tradizionale oppure gocciolante. Quest'ultimo rappresenta una concezione innovativa in quanto, data la sua forma poligonale con porzioni tubolari rettilinee, permette di individuare condizioni di pressatura anomala in seguito a prove di tenuta e a vista. Se il giunto non viene pressato gocciola.

Le perdite possono essere difficili da individuare, specialmente perché il giunto, anche se non pressato, riesce a generare una certa ermeticità. Oltre all'*o-ring* gocciolante, le pressature mancate si possono individuare anche attraverso il sistema visivo "*sleeve*", una pellicola colorata applicata esternamente ai raccordi si lacera staccandosi dalla tubazione in seguito alla pressatura. Se tale pellicola dovesse risultare intatta, il giunto non sarebbe adeguatamente pressato.

Per l'installazione si seguono le seguenti istruzioni. Durante il trasporto e l'immagazzinamento è necessario evitare danneggiamento, penetrazioni dello sporco e dell'umidità e al momento del prelievo dei tubi bisogna prenderne uno alla volta evitando le rigature. I tubi devono essere tagliati perpendicolarmente al loro asse, si possono usare tagliatubi o seghetti a denti fini. Sono da evitare deformazioni meccaniche, da riscaldamento e rigature per strisciamento. Dopo il taglio i tubi devono essere sbavati esternamente ed internamente. Prima del montaggio dei raccordi bisogna verificare la presenza degli *o-ring* nelle loro sedi ed eventualmente lubrificarli con acqua o talco per facilitare l'inserimento. L'inserimento del tubo nel raccordo avviene in senso assiale, esercitando una leggera rotazione, fino al raggiungimento della battuta, si consiglia di marcare sul tubo la posizione raggiunta per poter identificare eventuali spostamenti. L'allineamento dei tubi deve avvenire prima della pressatura in modo da evitare sollecitazioni sui punti di giunzione in seguito. La pressatrice dev'essere attrezzata con i terminali richiesti e corrispondenti ai diametri dei tubi e dei raccordi. Effettuare la pressatura facendo in modo che la scanalatura interna delle ganasce circondi perfettamente la sede sagomata dei raccordi lungo tutta la circonferenza. Non è consentita una doppia pressatura.

Victaulic

Con il sistema *Victaulic* [15] è possibile eseguire giunzioni per tubi con estremità scanalate. La scanalatura viene lavorata a freddo o rettificata nell'estremità del tubo utilizzando uno scanalatore. I giunti, muniti di guarnizione, vengono assemblati sulle due estremità facendo innestare le sezioni con chiavetta dei gusci nella scanalatura. Bulloni e viti vengono serrati con una chiave o un avvitatore.

I principali vantaggi vengono di seguito elencati:

- Fino a tre volte più veloce rispetto ai sistemi saldati;
- Più affidabili dei sistemi filettati o flangiati;
- Costi totali e rischi di installazione ridotti;
- Preparazione delle estremità effettuabile sul cantiere o in officina;
- Facilità di manutenzione dovuta allo smontaggio semplice;
- Facilità di allineamento in quanto il design permette la rotazione dei tubi;
- Flessibilità, permettendo espansioni e contrazioni termiche della tubazione, flessioni, disallineamenti e sollecitazioni sismiche;
- Attenuazione delle vibrazioni;
- Giunti autobloccanti.

Inoltre, grazie alla tecnologia *Installation-Ready*, i tempi di installazione possono essere dieci volte inferiori rispetto agli altri metodi di giunzione. Prima di tale tecnologia, per l'assemblaggio dei giunti essi dovevano essere smontati rimuovendone i bulloni e i dadi e le guarnizioni dovevano essere montate nella scanalatura. Con la tecnologia *Installation-Ready* i giunti sono preassemblati e devono semplicemente essere premuti nelle estremità scanalate dei tubi e serrati con bulloni e dadi. Operazione che richiede pochi secondi di tempo.

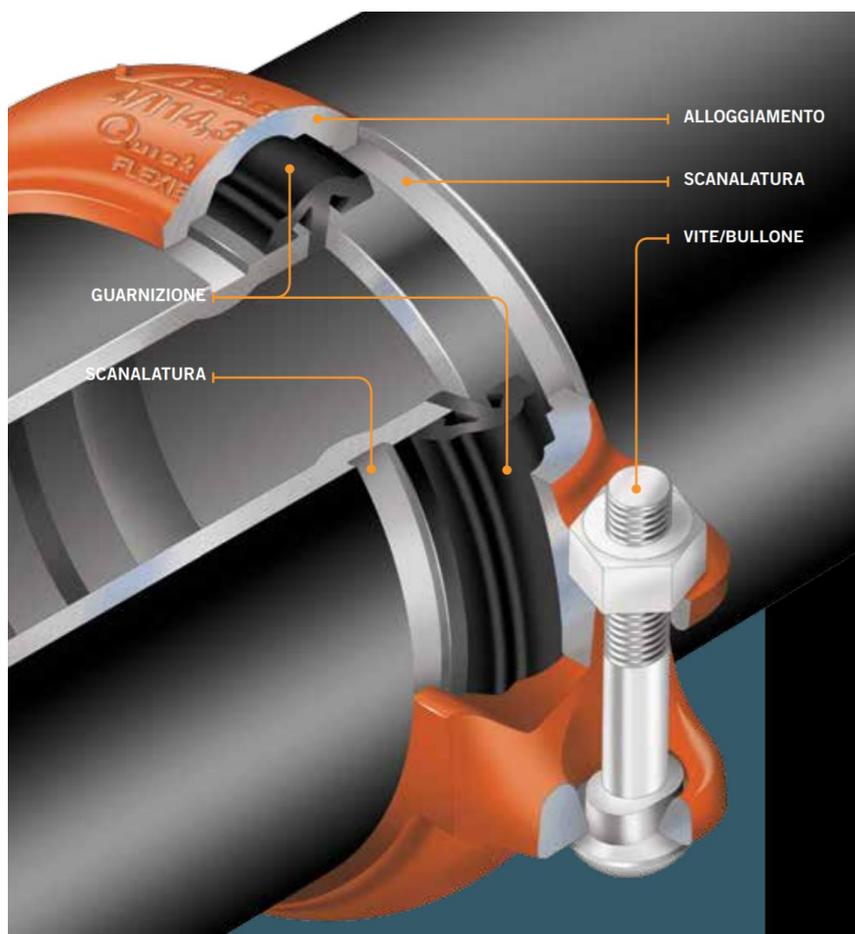


Figura 2.11. Giunzione tramite tecnologia Victaulic

2.9. Isolamento termico delle tubazioni

L'isolamento delle tubazioni [4] di un impianto di riscaldamento, di raffrescamento o di acqua calda sanitaria è eseguito affinché vengano svolti i seguenti compiti:

- Riduzione della trasmissione del calore verso l'esterno, cioè riduzione dell'energia persa con conseguente miglioramento del rendimento di distribuzione;
- Sicurezza contro contatti accidentali;
- Protezione gelo;
- Evitare condensa;
- Barriera vapore.

L'energia termica scambiata da un fluido che scorre all'interno di una tubazione è data dalla (2.7).

$$Q_d = \frac{\pi D_1 L}{R} \Delta t_a t_p \quad (2.7)$$

dove:

- R = resistenza termica globale [m^2K/W];
- D_1 = diametro di riferimento per il calcolo di R [m];
- L = lunghezza equivalente data da quella effettiva aumentata tenendo conto della maggiore potenza scambiata attraverso punti singolari [m];
- Δt_a = differenza di temperatura tra fluido e ambiente [K];
- t_p = periodo di tempo considerato [s].

La *resistenza termica globale*, nel caso di tubazione isolata corrente in aria, si calcola con la (2.8).

$$R = D_1 \left[\frac{1}{2\lambda_1} \ln \left(\frac{D_2}{D_1} \right) + \frac{1}{h_e D_2} \right] \quad (2.8)$$

dove:

- D_1 = diametro interno dello strato di isolante [m];
- D_2 = diametro esterno dello strato di isolante [m];
- λ_1 = conducibilità termica del materiale isolante [W/mK];
- h_e = coefficiente superficiale di scambio termico esterno (per ambienti interni $h_e=4$, per ambienti esterni $h_e=10$) [W/m^2K].

Le caratteristiche generali e identificative degli isolanti sono:

- Proprietà termiche (conducibilità);
- Temperatura di esercizio;
- Temperatura massima;
- Dimensioni e tolleranze;
- Comportamento al fuoco;
- Sicurezza per igiene e salute;
- Massa volumica.

L'isolamento delle reti di distribuzione del calore deve essere conforme alle normative e deve presentare una dichiarazione rilasciata dall'installatore.

I valori di spessore minimi dell'isolante per tubazioni a servizio di impianti di riscaldamento, raffrescamento e distribuzione di acqua ad uso igienico-sanitario sono prescritti nel *D.P.R. 412 Allegato B* e sono funzione della conduttività del materiale isolante e del diametro esterno della tubazione.

Tabella 2.2. Spessori minimi di isolante, allegato al D.P.R. 412

Conduttività Termica utile dell'isolante (W/mC)	Diametro esterno della tubazione (mm)					
	< 20	da 20 a 39	da 40 a 59	da 60 a 79	da 80 a 99	> 100
0,03	13	19	26	33	37	40
0,032	14	21	29	36	40	44
0,034	15	23	31	39	44	48
0,036	17	25	34	43	47	52
0,038	18	28	37	46	51	56
0,04	20	30	40	50	55	60
0,042	22	32	43	54	59	64
0,044	24	35	46	58	63	69
0,046	26	38	50	62	68	74
0,048	28	41	54	66	72	79
0,05	30	42	56	71	77	84

Per valori di conduttività termica utile dell'isolante differenti da quelli indicati in Tabella 2.2, i valori minimi dello spessore del materiale isolante sono ricavati per interpolazione lineare dei dati riportati nella Tabella 2.2 stessa.

I montanti verticali delle tubazioni devono essere posti al di qua dell'isolamento termico dell'involucro edilizio, verso l'interno del fabbricato ed i relativi spessori minimi dell'isolamento che risultano dalla tabella, vanno moltiplicati per 0,5.

Per tubazioni correnti entro strutture non affacciate né all'esterno né su locali non riscaldati gli spessori di cui alla tabella, vanno moltiplicati per 0,3.

Nel caso di tubazioni preisolate con materiali o sistemi isolanti eterogenei o quando non sia misurabile direttamente la conduttività termica del sistema, le modalità di installazione e i limiti di coibentazione sono fissati da norme tecniche UNI.

Tutte le tubazioni devono essere coibentate in modo *uniforme*, compresi giunti, curve, raccordi, valvole ecc. Una corretta esecuzione della coibentazione deve avvenire anche in corrispondenza di staffe per il sostegno. Devono essere previste protezioni superficiali nel caso di pericolo di deterioramento per effetto della radiazione solare, dell'acqua, per cause meccaniche, chimiche o biologiche. Per temperature minori di 40°C deve essere installata una *barriera al vapore*.

Gli isolanti comunemente impiegati si possono dividere in due grandi categorie:

- Materiali fibrosi, ricavati per fusione e successiva centrifugazione di sostanze minerali (roccia o vetro);
- Materiali espansi, ricavati tramite espansione di sostanze minerali, plastiche e vegetali.

I più importanti materiali usati come *isolante*, in funzione del campo di temperatura, sono i seguenti:

- Sughero espanso: da -50°C a +70°C;
- Polistirolo espanso: da -50°C a +20°C;
- Espansi flessibili: da -10°C a +90°C;
- Resina fenolica: da -100°C a +110°C;
- Poliuretano espanso: da -100°C a +110°C;
- Lana di vetro: da +10°C a +300°C;
- Lana di roccia: da +10°C a +400°C;

2.9.1. Isolante da porre in opera

Le tipologie di *isolamento* [4] più usate sono indicate di seguito.

Coibentazione per tubazioni di acqua calda in vista: Coppelle in lana di vetro, spessore ≥ 30 mm (da legge) e densità ≥ 60 kg/m³, legatura con filo di ferro ogni 30 cm, rivestimento mediante cartone ondulato, rivestimento esterno con lamierino di alluminio.

Coibentazioni per tubazioni di acqua refrigerata in vista: Coppelle di polistirolo espanso, spessore ≥ 40 mm e densità ≥ 25 kg/m³, sigillatura delle giunzioni e spalmatura con emulsione bituminosa, rivestimento con carta bitumata e bende viniliche per realizzare la barriera vapore, rivestimento esterno con lamierino in alluminio.

Coibentazione per tubazioni di acqua calda non in vista: Coppelle in lana di vetro, spessore ≥ 30 mm (da legge) e densità ≥ 60 kg/m³, legatura con filo di ferro ogni 30 cm, rivestimento mediante cartone ondulato, rivestimento esterno in laminato plastico, finitura delle testate con fascette di alluminio.

Coibentazione per tubazioni di acqua refrigerata non in vista: Coppelle di polistirolo espanso, spessore ≥ 40 mm e densità ≥ 25 kg/m³, sigillatura delle giunzioni con catrame a freddo, rivestimento con carta bitumata e bende viniliche per realizzare la barriera vapore, rivestimento esterno in laminato plastico, finitura delle testate con fascette di alluminio.

Coibentazione di tubazioni in tratti particolari: applicazione di guaine isolanti tipo Armaflex fatte di speciali elastomeri e con strutture tali da conferire elevate doti di barriera al vapore, materiale isolante fatto scivolare sulla tubazione, possibilità di tagliare l'isolante, applicazione adesivo adatto all'incollaggio.

È consigliabile isolare anche *valvole e pezzi speciali* soggetti a condensazione atmosferica usando il tipo di isolante installato sul resto del circuito. Per valvole e filtri devono essere previste *scatole smontabili*.

Coibentazione collettori: spessore isolante per superfici fredde (anticondensa) 30 mm, per superfici calde ($T < 100^\circ\text{C}$) 60 mm, materassino di lana di vetri con densità 65 kg/m³, copertura con cartone catramato incollato per superfici fredde, legatura con rete zincata, rivestimento esterno come per le tubazioni di alimentazione.

2.9.2. Tubazioni preisolate

Per *tubazioni preisolate* [4] si intendono le tubazioni già ricoperte di isolante con lo scopo di proteggere le tubazioni stesse e contenere le perdite energetiche. Queste tubazioni trovano un impiego notevole nel campo di grandi reti interrate o esterne di trasporto di fluidi termovettori per impianti di riscaldamento centralizzati, di teleriscaldamento e di teleraffreddamento, ma non solo. Ultimamente sono molti i produttori di tubazioni che creano soluzioni preisolate anche per i piccoli diametri.

Si possono trovare tubazioni di grande diametro di tutti i materiali e solitamente l'isolante con cui vengono preisolate è fatto di schiuma rigida poliuretanic. Uno strato esterno di polietilene rigido riveste all'esterno la tubazione.

Le tubazioni preisolati di piccoli diametri, utilizzabili per impianti di riscaldamento e sanitari, possono essere ricoperte da isolanti quali *polietilene espanso*, come raffigurato in Figura 2.11 [9] e in Figura 2.12 [11], o *poliolefine*, come raffigurato in Figura 2.13 [13], con rivestimento in polietilene per protezione esterna.

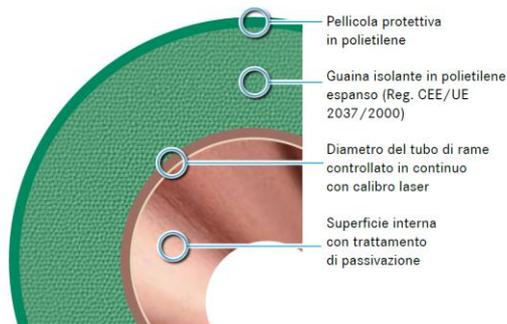


Figura 2.12 Tubazione in rame, isolante in polietilene espanso, protezione esterna con pellicola in polietilene



Figura 2.13 Tubazione in PE-X, isolante in polietilene espanso, protezione esterna con pellicola in polietilene



Figura 2.14 Tubazione in PB, isolante in poliolefine, protezione esterna con tubo corrugato in polietilene

2.10. Incrostazioni, corrosioni, depositi, crescite microbiologiche

L'acqua contiene molte sostanze disciolte al suo interno, possono essere sali, gas e impurità in sospensione. Il suo impiego nei circuiti idrotermosanitari può causare l'avvenirsi di diversi fenomeni, i più importanti dei quali sono le *incrostazioni*, le *corrosioni*, i *depositi* e le *crescite microbiologiche* [4].

Le *incrostazioni* si creano in seguito al deposito di sali di calcio e magnesio, più precisamente le principali incrostazioni avvengono in seguito alla precipitazione dei bicarbonati di tali sali che rimangono appunto incrostate sulle superfici di apparecchiature e/o tubazioni. Il parametro da tenere in conto per questo fenomeno è la durezza dell'acqua. L'acqua può essere definita dolce, media, dura o durissima in funzione del contenuto di sali, da una concentrazione di 10 ppm a oltre i 360 ppm. Si possono evitare attraverso stabilizzazione chimica o addolcimento.

La *corrosione* avviene in quanto il metallo, metalli nobili a parte, tende a tornare alla sua forma di equilibrio. Consiste in un fenomeno elettrochimico favorito dalla presenza di ossigeno ma anche da altre cause che non sempre risultano facili da determinare. La presenza di metalli a potenziali elettrochimici diversi e di corpi estranei depositati dà luogo a corrosioni. Questo fenomeno è sempre più importante in quanto l'acqua sta peggiorando le sue caratteristiche, si tendono ad usare spessori sempre più sottili per risparmiare materiale e gli impianti sono sempre più complessi rispetto al passato. Possono essere controllate tramite condizionamento chimico

I *depositi* sono creati in seguito alla precipitazione di sostanze organiche o inorganiche insolubili, essi a differenza delle incrostazioni possono essere mobili. Creano disagi come ostruzioni al normale passaggio dell'acqua, corrosione e crescita batteriologiche. Evitabili attraverso filtrazione, spurghi e condizionamento chimico.

Formazioni microbiologiche come alghe, funghi, muffe, batteri ecc. si possono sviluppare facilmente in impianti di raffreddamento aperti ma non solo. Un aspetto molto importante è quello della legionella negli impianti ad acqua per uso domestico per il quale si rimanda alle *Linee guida per la prevenzione della legionellosi* al paragrafo 1.1.

Una progettazione erronea e una cattiva gestione degli impianti possono portare a vanificare gli sforzi che si fanno per tenere l'acqua il più possibile pulita. Per cattiva progettazione si può intendere il contatto fra metalli a diverso potenziale elettrochimico, l'eccessiva velocità dell'acqua nei tubi, l'erronea scelta dei materiali così come una termoregolazione inefficiente, un ricircolo dell'acqua in vasi di espansione aperti, una pressurizzazione con aria invece che con gas inerti, ecc.

3. Analisi tecnica tubazioni per impianti distribuzione ACS e acqua per climatizzazione

Nelle successive tabelle si possono osservare le principali caratteristiche dei materiali più utilizzati per le distribuzioni di acqua calda sanitaria come il rame, l'acciaio inox, il multistrato, il polietilene reticolato o il polipropilene. A questi materiali si aggiungono il cosiddetto ferro nero e l'acciaio zincato per la distribuzione di acqua per climatizzazione.

Le caratteristiche sono state sviluppate per 4 diametri: $\frac{3}{4}$ ", 1", 1½" e 2" o per le rispettive dimensioni equivalenti.

Sono state inserite caratteristiche geometriche, come diametro e spessore del tubo, il peso a vuoto, il contenuto d'acqua, gli staffaggi minimi richiesti, le dilatazioni lineari e le perdite di carico.

I dati sul *rame* sono stati ricavati da cataloghi, manuali e brochure di Serravalle Copper Tubes [9];

I dati sul *multistrato* sono stati ricavati da cataloghi, manuali e brochure di System [14] e Caleffi [16];

I dati sul *acciaio nero* e *acciaio zincato* sono stati ricavati da cataloghi, manuali e brochure di Tenaris [7], Caleffi [16] e Gia [17];

I dati sull'*acciaio inox* sono stati ricavati da cataloghi, manuali e brochure di Eurotubi [8], Caleffi [16] e Raccorderie Metalliche [18];

I dati sul *polietilene* sono stati ricavati da cataloghi, manuali e brochure di Uponor [11];

I dati sul *polipropilene* sono stati ricavati da cataloghi, manuali e brochure di Aquatechnik [12];

3.1. Confronto a parità di portata

Il primo confronto viene fatto a parità di portata, con un valore tale da non superare di molto 1,5 m/s di velocità interna del fluido.

Tabella 3.1. Caratteristiche tecniche 3/4"

Dati/materiale	3/4"						
	RAME	Multistrato	Nero	Zincato	Inox	PE-X	PP-R
Diametro esterno [mm]	22	26	27	27	22	25	32
Spessore parete [mm]	1	3	2,6	2,6	1,2	2,3	4,4
Diametro interno [mm]	20	20	21,8	21,8	19,6	20,4	23,2
Sezione interna [mm ²]	314	314	373	373	302	327	423
Contenuto acqua [litri/m]	0,314	0,314	0,373	0,373	0,302	0,327	0,423
Peso [kg/m]	0,589	0,285	1,560	1,630	0,625	0,170	0,375
Lunghezza [m]	1	1	1	1	1	1	1
Portata [l/h]	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700
Velocità [m/s]	1,50	1,50	1,27	1,27	1,57	1,45	1,12
Superficie esterna [m ² /m]	0,0691	0,082	0,085	0,085	0,069	0,079	0,100
Circonferenza esterna [mm]	69,12	81,68	84,82	84,82	69,12	78,54	100,53
Superficie esterna totale [m ²]	0,0691	0,0816	0,0848	0,0848	0,0691	0,0785	0,1005
Contenuto d'acqua totale [litri]	0,314	0,314	0,373	0,373	0,302	0,327	0,423
Peso totale a vuoto [kg]	0,589	0,285	1,560	1,630	0,625	0,170	0,375
Peso totale pieno [kg]	0,903	0,599	1,933	2,003	0,927	0,497	0,798
Distanza massima staffaggi [m]	2,00	1,75	1,80	1,80	2,50	0,30	0,80
Dilatazione lin [mm] (DT=50K)	0,84	1,2	0,6	0,6	0,85	7	7,5
Dilatazione lin [mm] (DT=50K, L=30m)	25,2	36	18	18	25,5	210	225
N. giunti di comp. per 30m (-11,5mm)	3	4	2	2	3	19	20
Perdita di carico [mm c.a.] a 70-80°C	112	110	100	100	110	105	56
Perdita di carico [m c.a.]	0,112	0,110	0,100	0,100	0,110	0,105	0,056

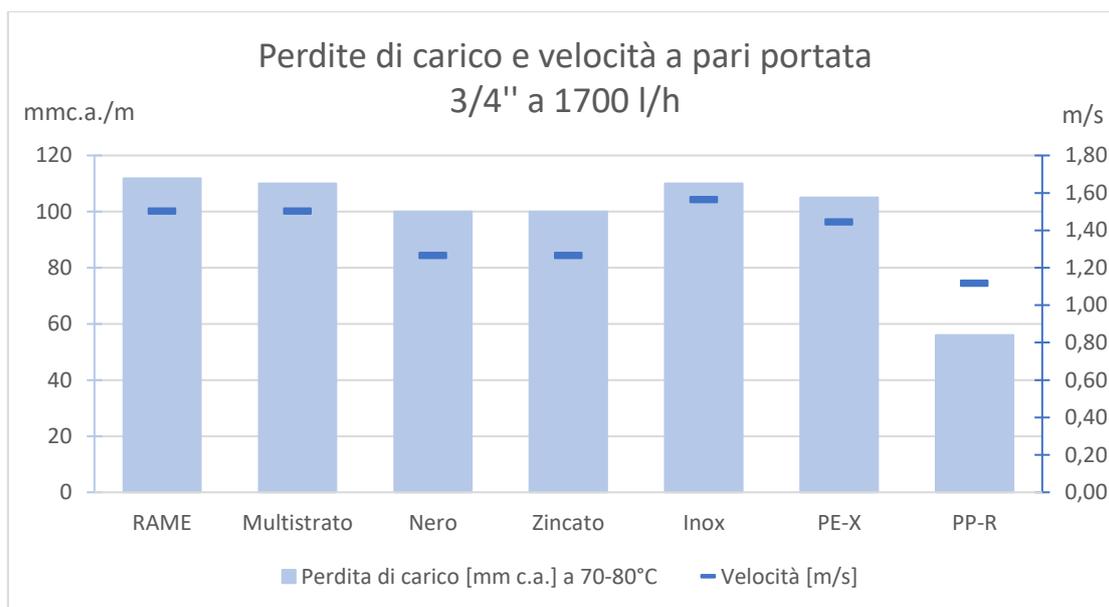


Figura 3.1. Perdite di carico e velocità tubi da 3/4"

Il diagramma di Figura 3.1 raffigura le perdite di carico, sull'asse principale a sinistra, e le velocità dell'acqua, sull'asse secondario a destra, ad alte temperature per le tubazioni da 3/4" e per i diametri consigliati come equivalenti. Rame, multistrato, inox e polietilene presentano i valori maggiori di perdite di carico, aggirandosi attorno a 110 mmca/m, pur avendo valori di rugosità minori rispetto all'acciaio, sia esso nero o zincato, i diametri equivalenti a quest'ultimi sono tali da generare sezioni di passaggio interno minori e conseguentemente velocità maggiori, di circa 1,5 m/s a discapito di circa 1,3 m/s dell'acciaio, le quali influiscono negativamente sulle perdite di carico. Fa eccezione il polipropilene reticolato con soli 56 mmca/m per il quale, oltre ad avere valori di rugosità simili ai precedenti 4 con perdite maggiori, viene consigliato il tubo di diametro interno 23,2 mm. Si ha come risultato un diametro interno più grande con la velocità di passaggio minore, di 1,12 m/s.

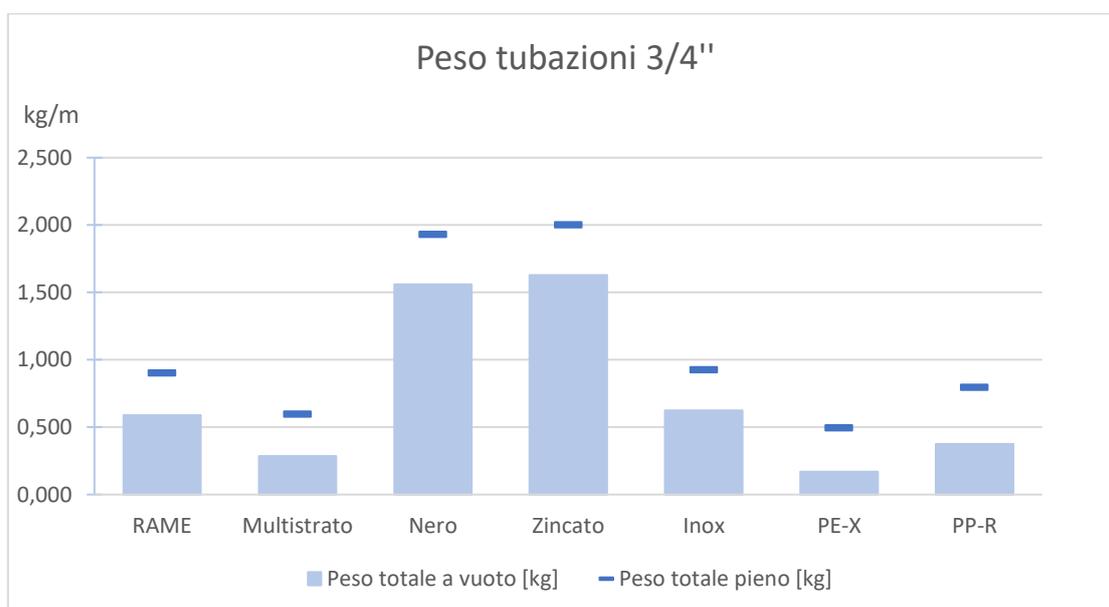


Figura 3.2. Peso tubi da 3/4"

La Figura 3.2 mostra i pesi delle tubazioni riferite al metro di lunghezza a vuoto e piene di acqua. L'acciaio risulta il più pesante, nelle due versioni nero e zincato. Oltre alla sua densità elevata presenta anche uno spessore piuttosto grande, caratteristiche che lo portano ad avere i pesi maggiori superando 1,5 kg/m. Rame e inox sono anch'essi materiali metallici caratterizzati da alti valori di densità che però presentano spessori di molto inferiori rispetto all'acciaio con conseguenti pesi di circa 0,6 kg/m. Le materie plastiche presentano i pesi minori dovuti alla loro bassa densità anche per spessori elevati.

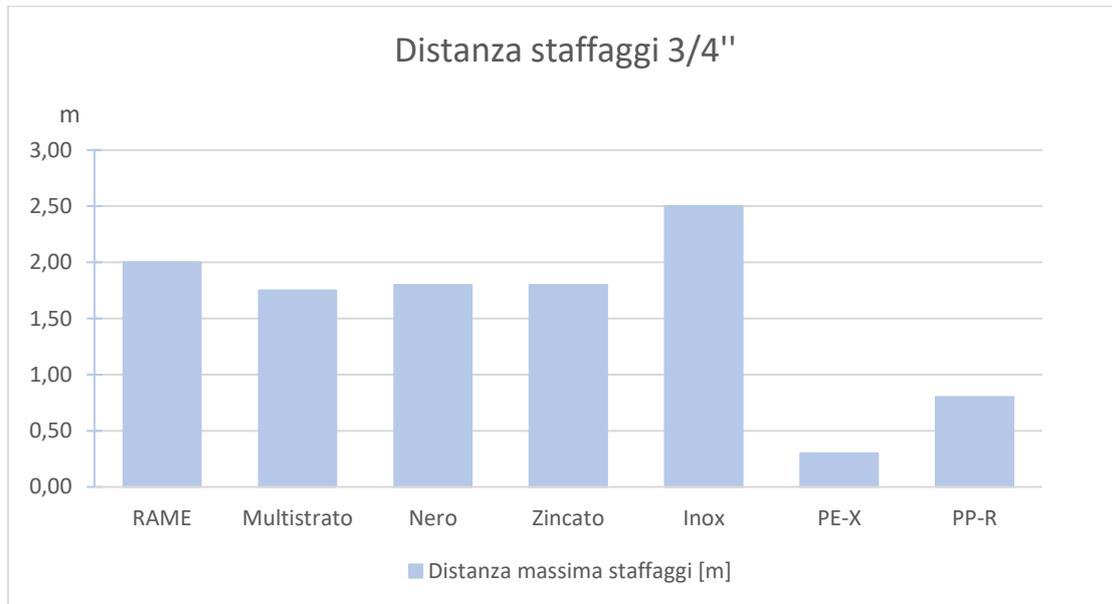


Figura 3.3. Distanza staffaggi tubi da 3/4"

In Figura 3.3 vengono rappresentate le distanze minime tra gli staffaggi e i punti fissi. La flessibilità del tubo è la caratteristica che più influenza tale valore. Si nota che i materiali metallici, compreso il multistrato che presenta uno strato di alluminio al suo interno, richiedono distanze maggiori tra un punto di ancoraggi e l'altro, oltre 1,8 m, in quanto risultano rigidi. Polietilene e polipropilene hanno bisogno di distanze di molto inferiori.

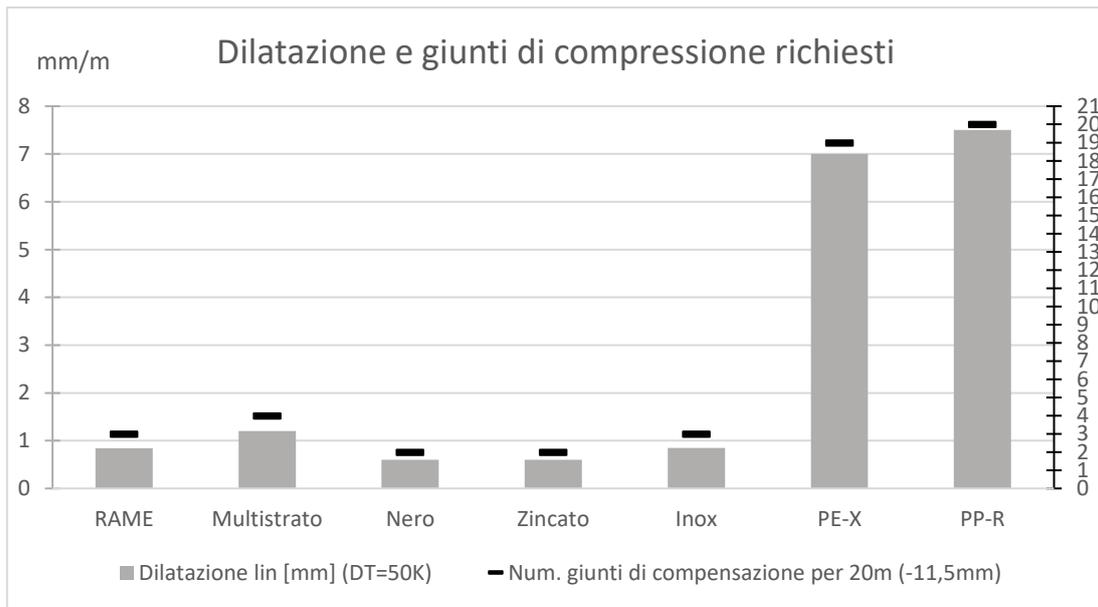


Figura 3.4. Dilatazione e giunti di compressione per tubi di 3/4"

La Figura 3.4 mostra i valori di dilatazione in seguito ad un aumento di temperatura di 50K. Come per la distanza tra gli staffaggi, anche qua i due tipi di materiali presentano caratteristiche ben distinte. I metalli, caratterizzati da bassi coefficienti di dilatazione termica lineare, presentano valori contenuti di dilatazione, con conseguente basso numero di giunti di compressione o circuiti di compensazione. Al contrario, le materie plastiche si dilatano molto di più, con valori che aumentano di circa un ordine di grandezza.

Tabella 3.2. Caratteristiche tecniche 1"

Dati/materiale	1"						
	RAME	Multistrato	Nero	Zincato	Inox	PE-X	PP-R
Diametro esterno [mm]	28	32	33,8	33,8	28	32	40
Spessore parete [mm]	1	3	3,2	3,2	1,2	2,9	5,5
Diametro interno [mm]	26	26	27,4	27,4	25,6	26,2	29
Sezione interna [mm ²]	531	531	589	589	514	539	660
Contenuto acqua [litri/m]	0,531	0,531	0,589	0,589	0,514	0,539	0,660
Peso [kg/m]	0,757	0,393	2,410	2,510	0,805	0,270	0,578
Lunghezza [m]	1	1	1	1	1	1	1
Portata [l/h]	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900
Velocità [m/s]	1,52	1,52	1,37	1,37	1,57	1,49	1,22
Superficie esterna [m ² /m]	0,088	0,100	0,106	0,106	0,088	0,100	0,126
Circonferenza esterna [mm]	87,96	100,53	106,19	106,19	87,96	100,53	125,66
Superficie esterna totale [m ²]	0,0879	0,1005	0,1061	0,1061	0,0879	0,1005	0,1256
Contenuto d'acqua totale [litri]	0,531	0,531	0,589	0,589	0,514	0,539	0,660
Peso totale a vuoto [kg]	0,757	0,393	2,410	2,510	0,805	0,270	0,578
Peso totale pieno [kg]	1,288	0,924	2,999	3,099	1,319	0,809	1,238
Distanza massima staffaggi [m]	2,25	2,00	2,10	2,10	2,50	0,40	0,90
Perdita di carico [mm c.a.] a 70-80°C	82	80	90	90	82	80	48
Perdita di carico [m c.a.]	0,082	0,080	0,090	0,090	0,082	0,080	0,048

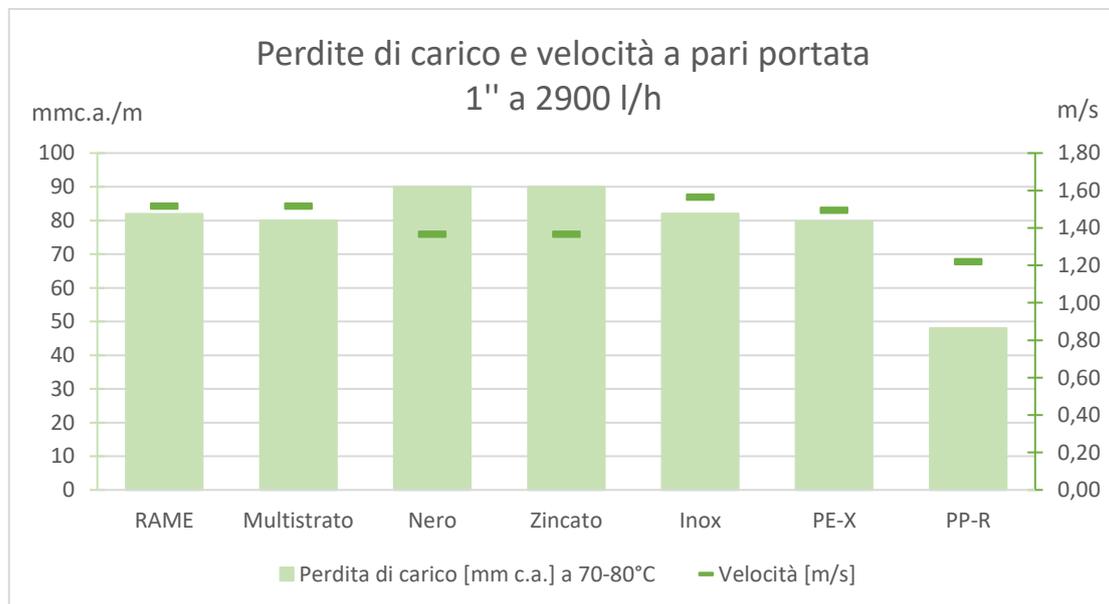


Figura 3.5. Perdite di carico e velocità tubi da 1"

Per i tubi da 1", a differenza dai tubi da 3/4", si evince dalla Figura 3.5 che l'acciaio nero e zincato, pur presentando valori di velocità leggermente minori rispetto al resto, hanno perdite di carico maggiori. In questo caso prevale la differenza sulla rugosità interna piuttosto che la differenza di velocità. Comportamento simile al 3/4" per quanto riguarda il polipropilene.

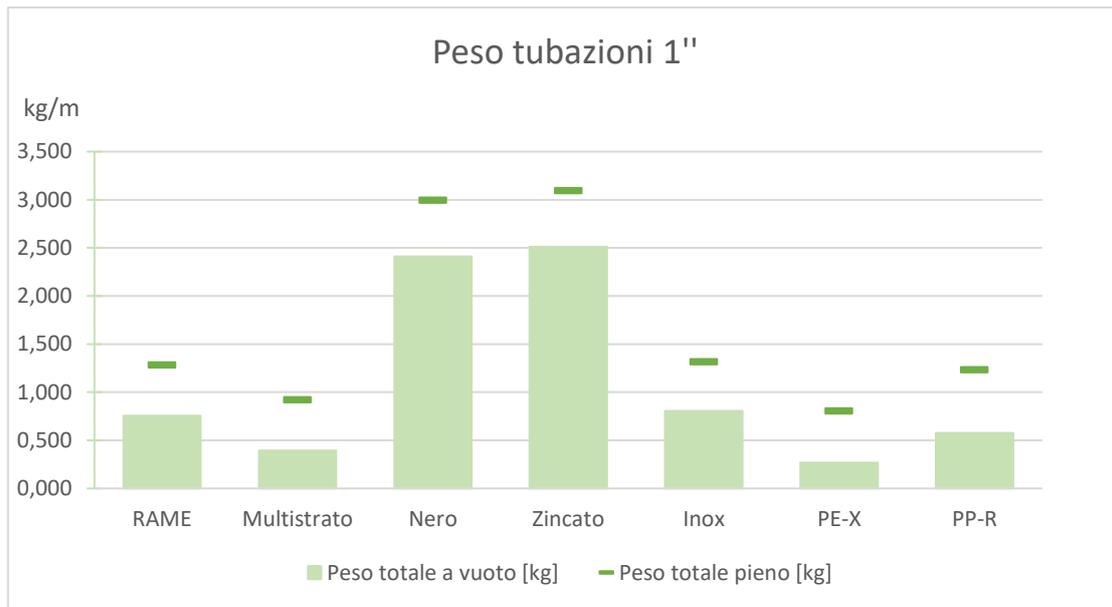


Figura 3.6. Peso tubi da 1"

Comportamento simile al $\frac{3}{4}$ " per il peso dei tubi da 1".

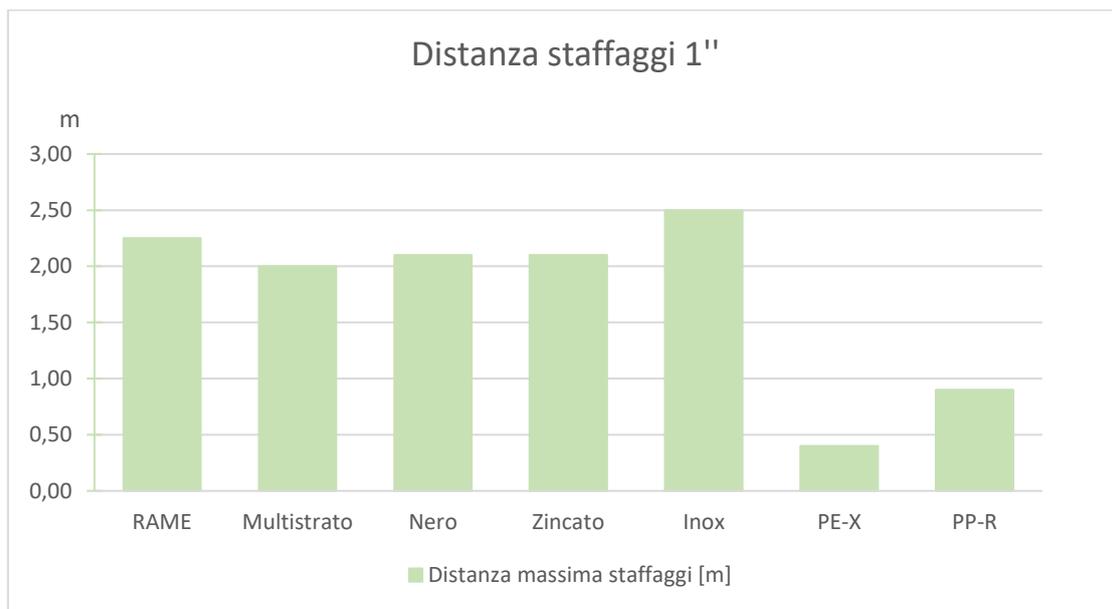


Figura 3.7. Distanza staffaggi tubi da 1"

Comportamento simile al $\frac{3}{4}$ " per la distanza minima tra i punti di ancoraggio dei tubi da 1".

Tabella 3.3. Caratteristiche tecniche 1" 1/2

Dati/materiale	1" 1/2						
	RAME	Multistrato	Nero	Zincato	Inox	PE-X	PP-R
Diametro esterno [mm]	42	50	48,4	48,4	42	50	63
Spessore parete [mm]	1,5	4	3,2	3,2	1,5	4,6	8,6
Diametro interno [mm]	39	42	42	42	39	40,8	45,8
Sezione interna [mm ²]	1194	1385	1385	1385	1194	1307	1647
Contenuto acqua [litri/m]	1,194	1,385	1,385	1,385	1,194	1,307	1,647
Peso [kg/m]	1,703	0,870	3,560	3,710	1,521	0,658	1,410
Lunghezza [m]	1	1	1	1	1	1	1
Portata [l/h]	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500
Velocità [m/s]	1,51	1,30	1,30	1,30	1,51	1,38	1,10
Superficie esterna [m ² /m]	0,132	0,157	0,152	0,152	0,132	0,157	0,198
Circonferenza esterna [mm]	131,95	157,08	152,05	152,05	131,95	157,08	197,92
Superficie esterna totale [m ²]	0,1319	0,1570	0,1520	0,1520	0,1319	0,1570	0,1978
Contenuto d'acqua totale [litri]	1,194	1,385	1,385	1,385	1,194	1,307	1,647
Peso totale a vuoto [kg]	1,703	0,870	3,560	3,710	1,521	0,658	1,410
Peso totale pieno [kg]	2,897	2,255	4,945	5,095	2,715	1,965	3,057
Distanza massima staffaggi [m]	3,00	2,50	2,60	2,60	3,50	0,60	1,30
Perdita di carico [mm c.a.] a 70-80°C	49	32	46	46	47	40	25
Perdita di carico [m c.a.]	0,049	0,032	0,046	0,046	0,047	0,040	0,025

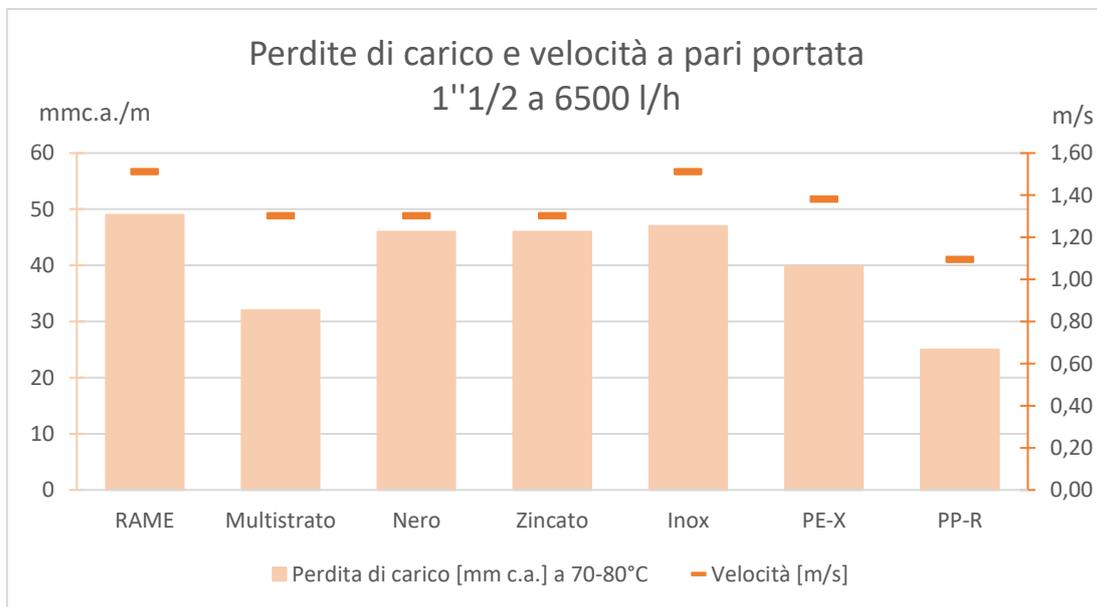


Figura 3.8. Perdite di carico e velocità tubi da 1"1/2

Come si può vedere in Figura 3.8 per il tubo da 1"1/2, rame e inox presentano perdite ancora piuttosto alte, molto simili al nero e allo zincato, da tenere però sempre in conto il fatto che la velocità del fluido al loro interno è la più alta di tutti. Si nota un miglioramento delle prestazioni del multistrato rispetto all'andamento dei diametri più piccoli infatti, a parità di velocità con l'acciaio, presenta perdite piuttosto basse. Il polipropilene rimane ancora il più performante.

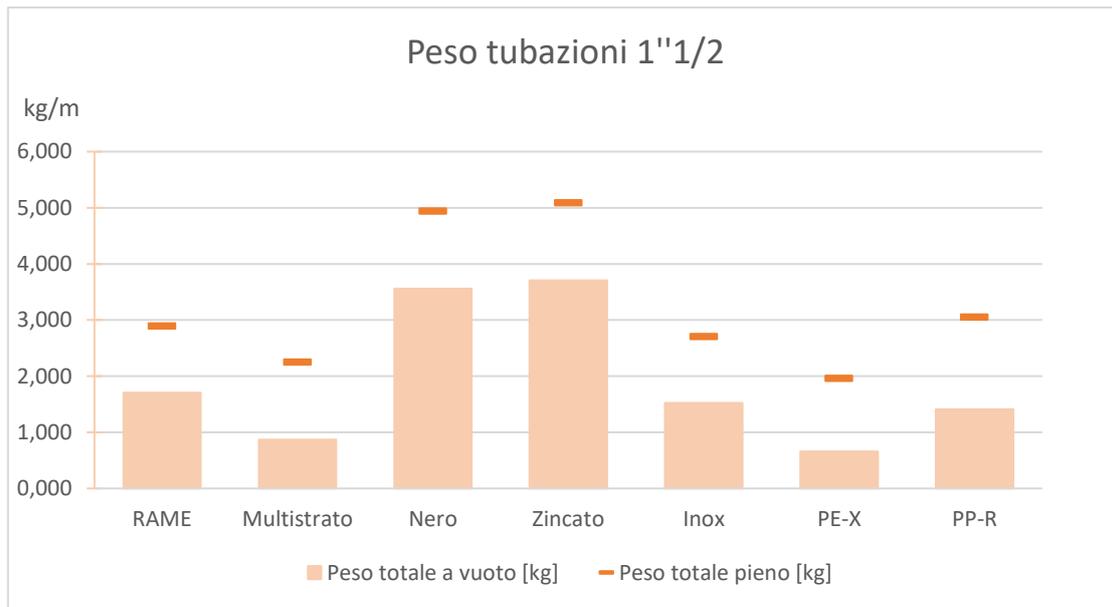


Figura 3.9. Peso tubi da 1"1/2

Comportamento simile ai precedenti diametri.

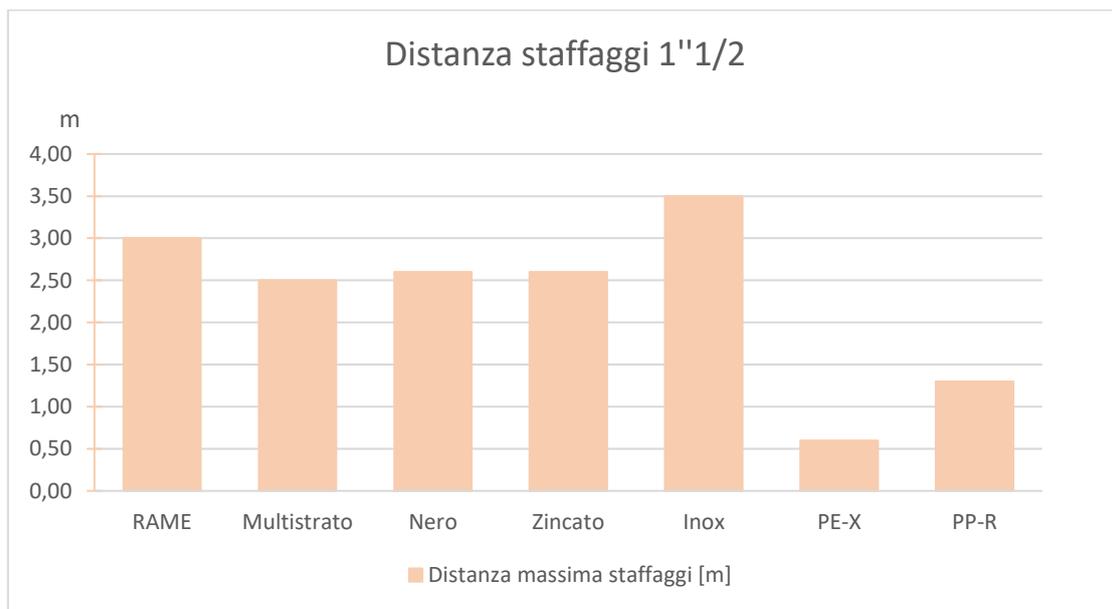


Figura 3.10. Distanza staffaggi tubi da 1"1/2

Comportamento simile ai precedenti diametri.

Tabella 3.4. Caratteristiche tecniche 2"

Dati/materiale	2"						
	RAME	Multistrato	Nero	Zincato	Inox	PE-X	PP-R
Diametro esterno [mm]	54	63	60,3	60,3	54	63	75
Spessore parete [mm]	1,5	4,5	3,6	3,6	1,5	5,8	10,3
Diametro interno [mm]	51	54	53,1	53,1	51	51,4	54,4
Sezione interna [mm ²]	2042	2289	2213	2213	2042	2074	2323
Contenuto acqua [litri/m]	2,042	2,289	2,213	2,213	2,042	2,074	2,323
Peso [kg/m]	2,208	1,315	5,030	5,240	1,972	1,038	1,993
Lunghezza [m]	1	1	1	1	1	1	1
Portata [l/h]	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000
Velocità [m/s]	1,50	1,33	1,38	1,38	1,50	1,47	1,32
Superficie esterna [m ² /m]	0,170	0,198	0,189	0,189	0,170	0,198	0,236
Circonferenza esterna [mm]	169,65	197,92	189,44	189,44	169,65	197,92	235,62
Superficie esterna totale [m ²]	0,1696	0,1978	0,1893	0,1893	0,1696	0,1978	0,2355
Contenuto d'acqua totale [litri]	2,042	2,289	2,213	2,213	2,042	2,074	2,323
Peso totale a vuoto [kg]	2,208	1,315	5,030	5,240	1,972	1,038	1,993
Peso totale pieno [kg]	4,250	3,604	7,243	7,453	4,014	3,112	4,316
Distanza massima staffaggi [m]	3,50	3,00	3,00	3,00	3,50	0,70	1,40
Perdita di carico [mm c.a.] a 70-80°C	34	30	38	38	33	33	25
Perdita di carico [m c.a.]	0,034	0,030	0,038	0,038	0,033	0,033	0,025

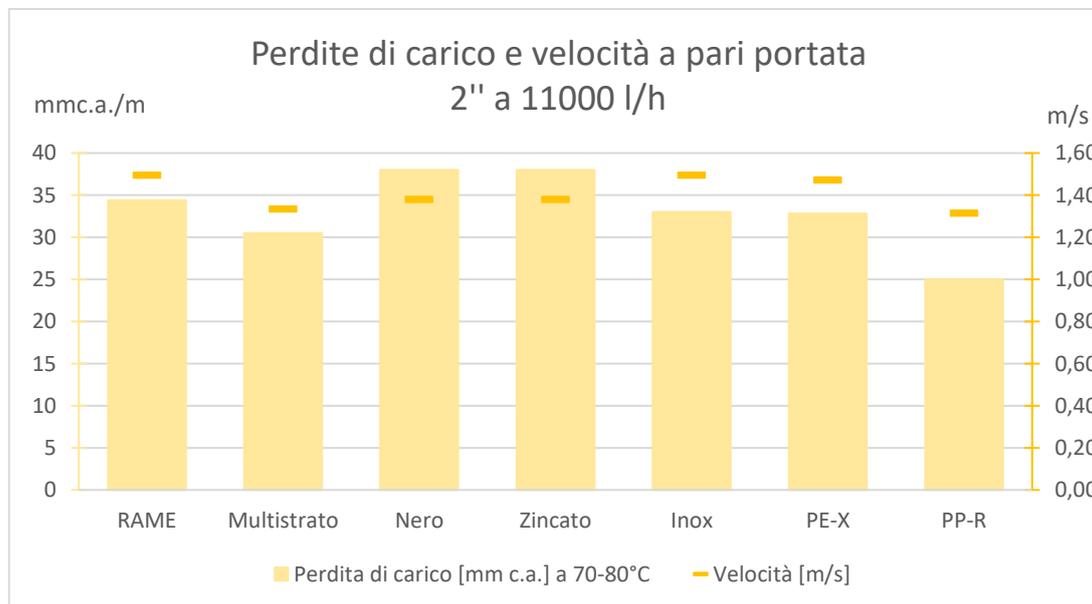


Figura 3.11. Perdite di carico e velocità tubi da 2"

Il diametro più grande analizzato presenta le perdite di carico e le velocità raffigurate in Figura 3.11. In questo caso rame, inox e polietilene presentano la maggior velocità del fluido al loro interno con perdite inferiori all'acciaio nero e allo zincato, quest'ultimi risultano ancora una volta i meno validi per quanto riguarda le perdite di carico. Multistrato e polipropilene mostrano le velocità minori con perdite di carico che vedono di nuovo il polipropilene come più efficace.

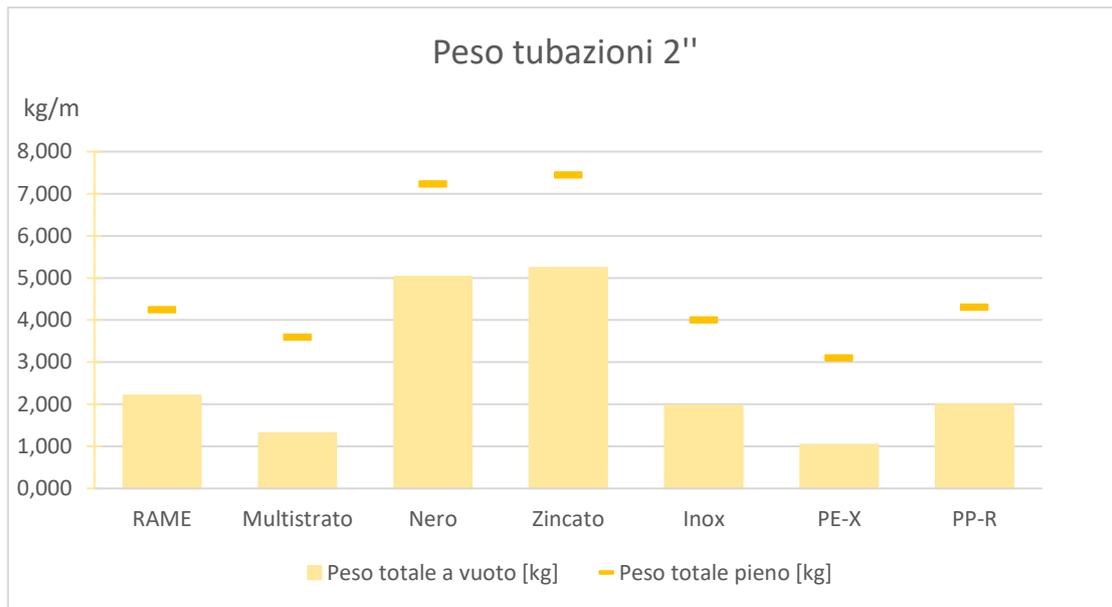


Figura 3.12. Peso tubi da 2"

Comportamento simile ai precedenti diametri.

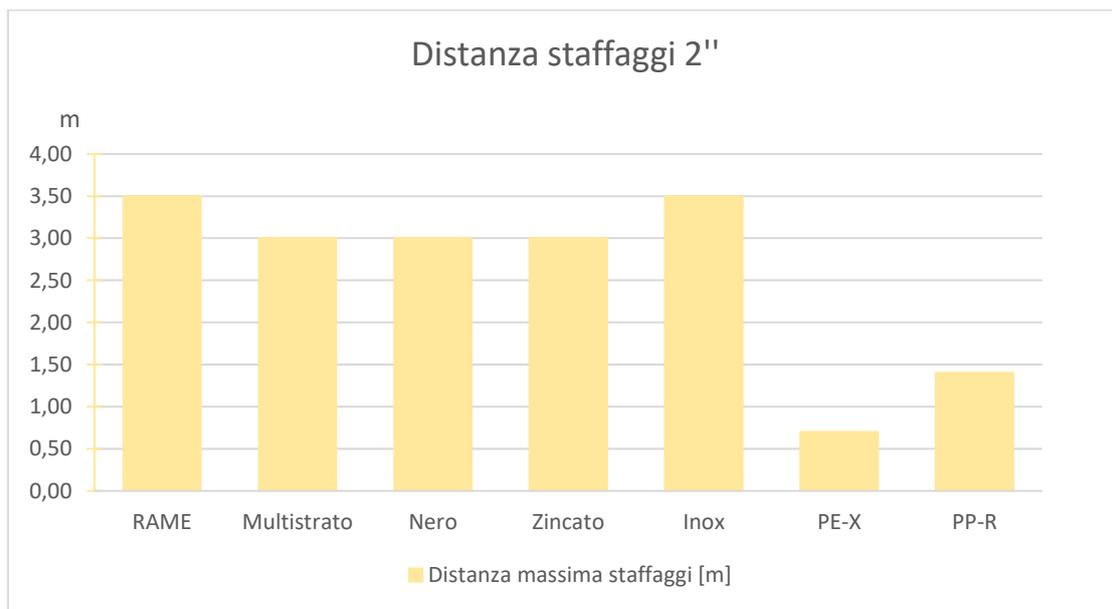


Figura 3.13. Distanza staffaggi tubi da 2"

Comportamento simile ai precedenti diametri.

3.1.1. Riepilogo caratteristiche a parità di portata

Riepilogo e confronto delle caratteristiche tecniche dei vari materiali a confronto con i diametri analizzati.

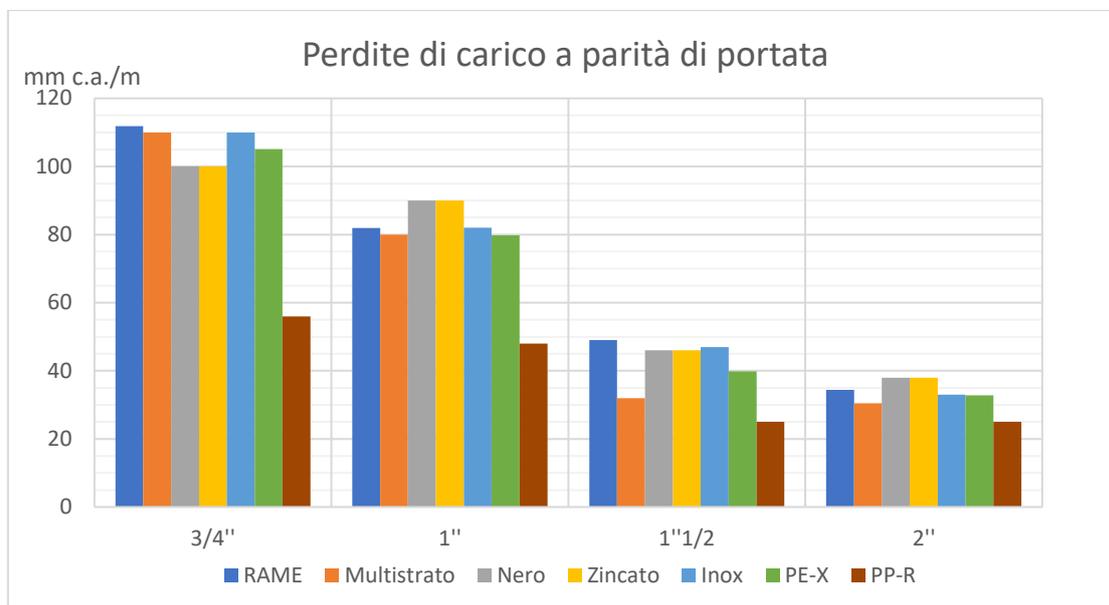


Figura 3.14. Perdite di carico a pari portata per ogni diametro

Con l'aumentare del diametro, seppur con velocità simili, si ha una notevole riduzione delle perdite di carico. Il multistrato nota, in modo particolare, una riduzione più marcata passando dalla dimensione di 1" a quella di 1"1/2. Il polipropilene risulta il più valido da questo punto di vista mantenendo sempre delle perdite molto contenute, si ricorda dovute alla bassa rugosità interna e alla bassa velocità seguito dal diametro leggermente maggiore consigliato come sostituto.

Un utile esempio di buona progettazione può essere confrontare le perdite di carico continue per una lunghezza di 30 m, dimensioni facilmente raggiungibili e rappresentative degli impianti ad uso civile. Rispetto alla media tra gli altri materiali, il polipropilene, sui 4 diametri analizzati, ha una perdita media di 38.5 mmca/m mentre gli altri presentano un valore di 66.8 mmca/m, risulta inferiore di circa il 40%. Per i 30 m di tubazione dell'esempio le perdite di carico complessive sono di rispettivamente 1,16 mca e 2,00 mca. Una differenza notevole che porterebbe alla scelta di un gruppo di pompaggio più piccolo con conseguenti risparmi.

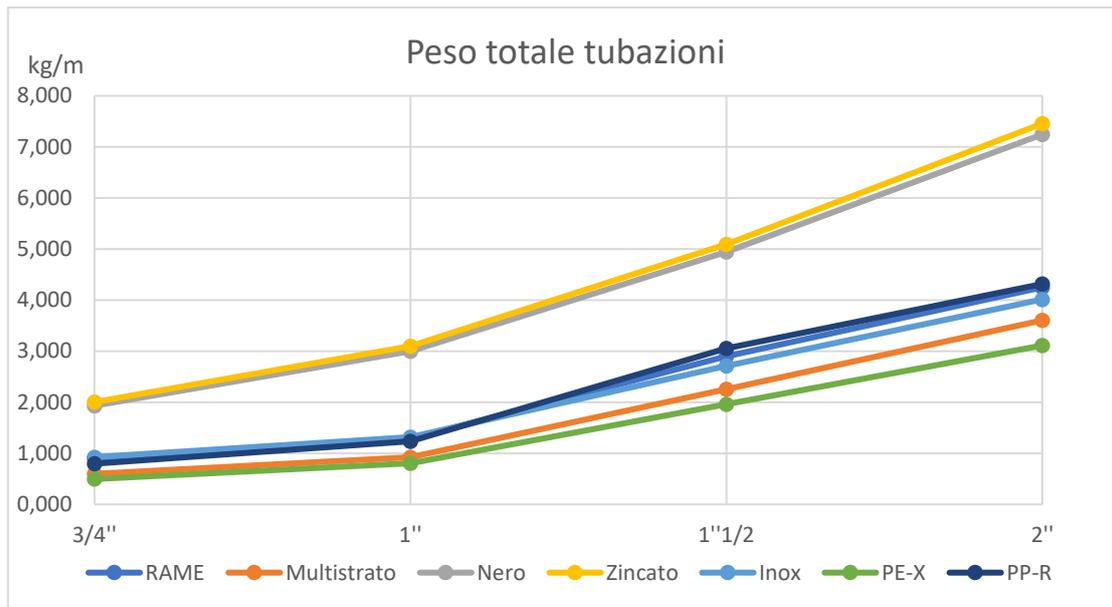


Figura 3.15 Peso totale tubi per ogni diametro

Il peso dei tubi dipende dal materiale di cui essi sono fatti e dallo spessore della parete. Lo spessore della parete si ricava in funzione della pressione che si vuole raggiungere all'interno conoscendo le caratteristiche meccaniche del materiale. Il peso della tubazione è da tenere in conto per gli staffaggi in quanto ogni punto di ancoraggio sarà sottoposto ad una certa sollecitazione. Dalla Figura 3.15 si nota come acciaio nero e acciaio zincato presentino un peso di circa 2 volte maggiore rispetto agli altri materiali. Questo potrebbe necessitare, a parità di distanza di staffaggio, un punto di ancoraggio più solido. Inoltre, il peso elevato può creare disagi anche durante la posa delle tubazioni. In questo caso polietilene e multistrato hanno la meglio ma i valori non sono discostati di molto rispetto agli altri.

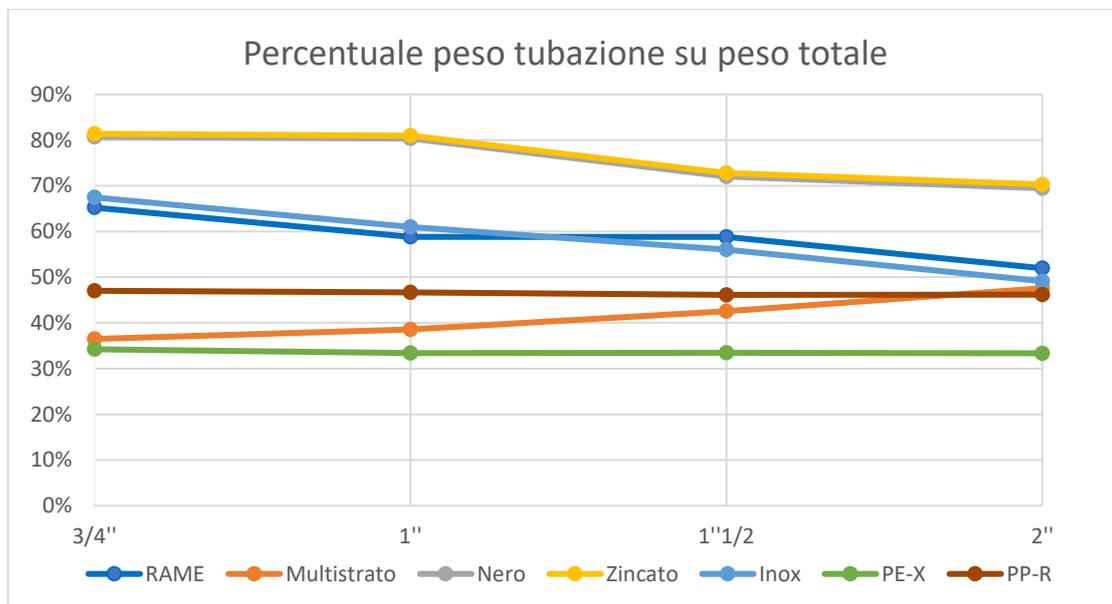


Figura 3.16 Percentuale peso tubo su peso totale per ogni diametro

Può risultare utile rappresentare, sul peso totale, l'incidenza del peso della tubazione stessa, come si può vedere in Figura 3.16. Da notare il fatto che i materiali metallici tendono a diminuire tale parametro con l'aumentare del diametro, segno del fatto che lo spessore, in proporzione, è sempre più piccolo rispetto alla

superficie di passaggio. Polietilene e polipropilene mantengono le proporzioni, mentre il multistrato tende ad aumentare la quantità di materiale con l'aumentare del diametro.

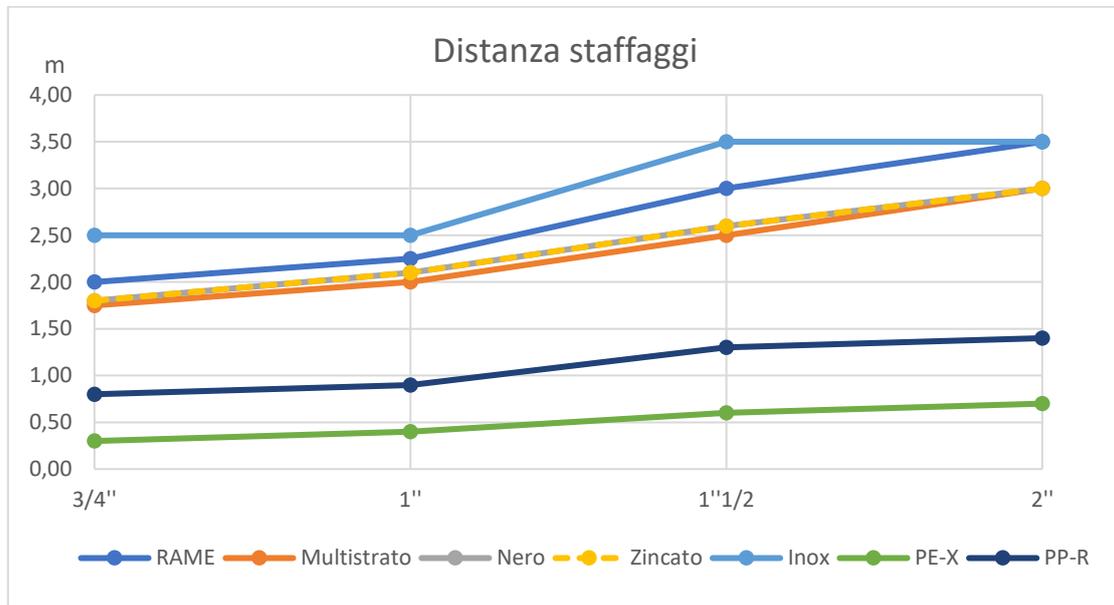


Figura 3.17 Distanza staffaggi per ogni diametro

Con l'aumentare del diametro aumenta anche la stabilità del materiale permettendo ai punti di ancoraggio di allungarsi. Questo fenomeno, visibile in Figura 3.17, è valido per tutti i materiali. Polietilene e polipropilene si differenziano dagli altri per valori piuttosto bassi dovuti alla loro bassa stabilità.

3.2. Confronto a parità di portata ridotta

Per i piccoli diametri, essendo le velocità consigliate minori, si effettua un'ulteriore analisi a parità di portata in modo che la velocità non ecceda di tanto 1 m/s, valore consigliato per i piccoli diametri spesso dovuto alla loro vicinanza con gli ambienti abitati. Inoltre, presentando perdite dell'ordine di 100 mmca/m con la portata precedente, è da tenere in conto l'utilizzo di diametri più grandi per tali valori lasciando i tubi da ¾" e da 1" a portate tali da ottenere circa 1 m/s.

Tabella 3.5 Caratteristiche tecniche ¾" portata ridotta

Dati/materiale	¾"						
	RAME	Multistrato	Nero	Zincato	Inox	PE-X	PP-R
Diametro esterno [mm]	22	26	27	27	22	25	32
Diametro interno [mm]	20	20	21,8	21,8	19,6	20,4	23,2
Portata [l/h]	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Velocità [m/s]	1,06	1,06	0,89	0,89	1,11	1,02	0,79
Perdita di carico [mm c.a.] a 70-80°C	61	57	53	53	61	57	31
Perdita di carico [m c.a.]	0,061	0,057	0,053	0,053	0,061	0,057	0,031

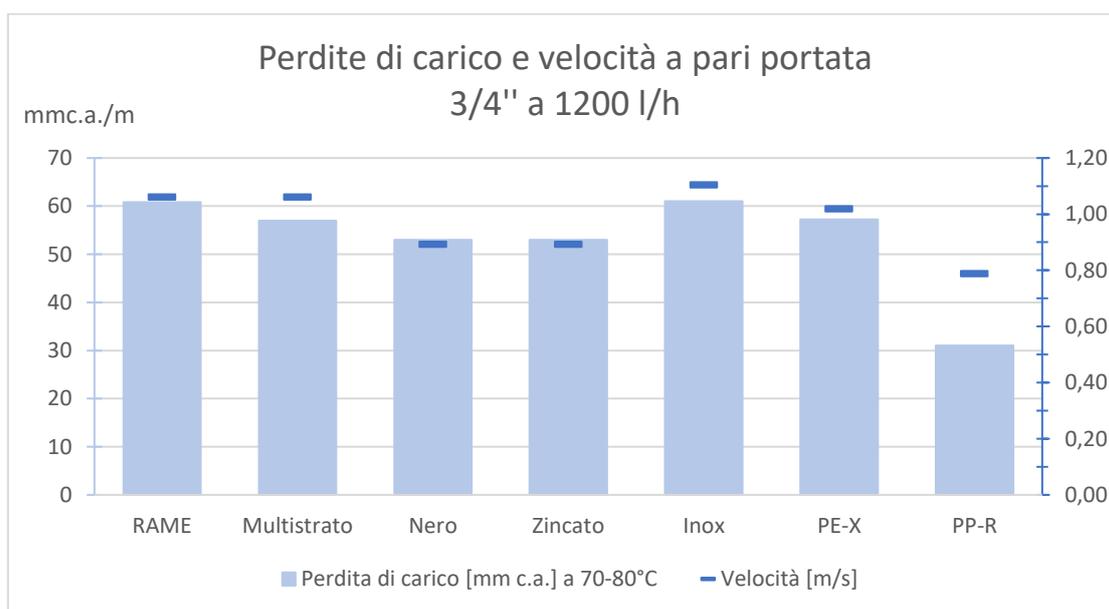


Figura 3.18 Perdite di carico e velocità a portata ridotta tubi da ¾"

In Figura 3.18 si ritrova lo stesso andamento di Figura 3.1. Diminuiscono in questo caso le differenze tra i vari materiali vedendo comunque acciaio nero e zincato leggermente più performanti rispetto a rame, multistrato, inox e polietilene.

Tabella 3.6 Caratteristiche tecniche 1" portata ridotta

Dati/materiale	1"						
	RAME	Multistrato	Nero	Zincato	Inox	PE-X	PP-R
Diametro esterno [mm]	28	32	33,8	33,8	28	32	40
Diametro interno [mm]	26	26	27,4	27,4	25,6	26,2	29
Portata [l/h]	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Velocità [m/s]	1,05	1,05	0,94	0,94	1,08	1,03	0,84
Perdita di carico [mm c.a.] a 70-80°C	43	40	44	44	43	38	25
Perdita di carico [m c.a.]	0,043	0,040	0,044	0,044	0,043	0,038	0,025

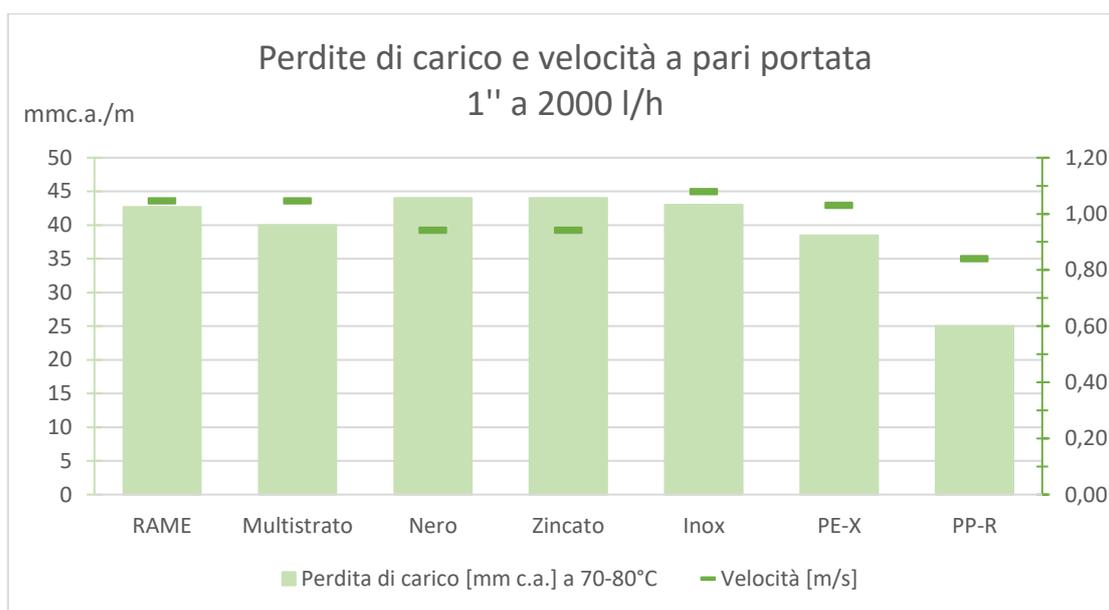


Figura 3.19 Perdite di carico e velocità a portata ridotta tubi da 1"

I tubi da 1" a portata ridotta, come mostrato in Figura 3.19, presentano andamenti molto simili rispetto alla portata di 2900 l/h.

3.2.1. Riepilogo caratteristiche a parità di portata ridotta

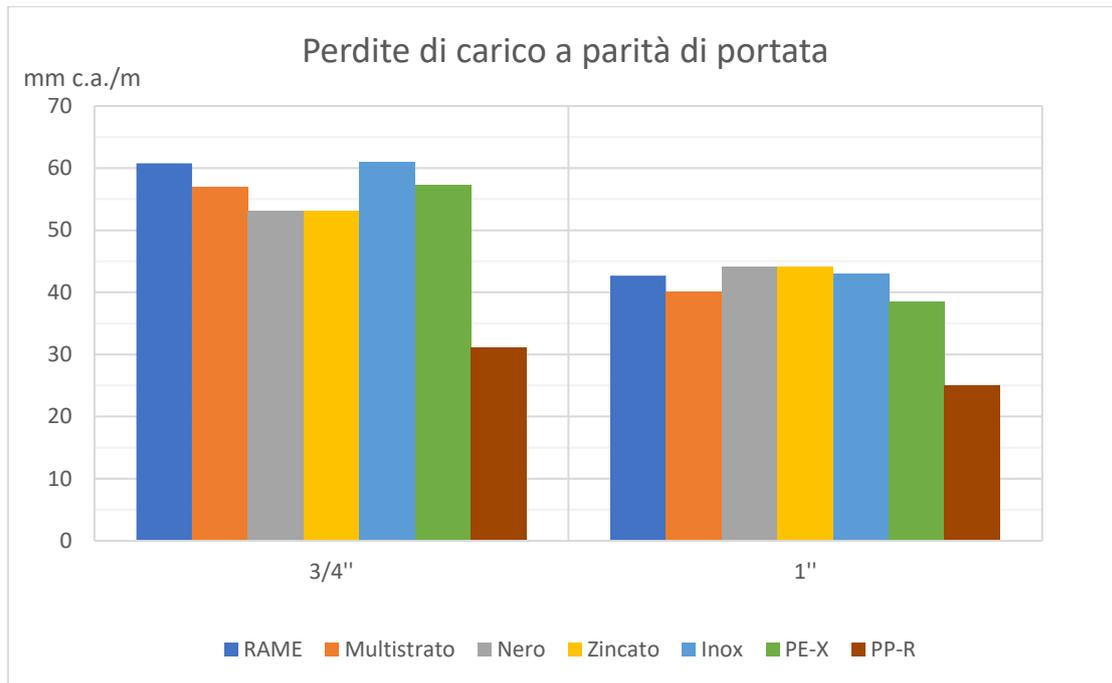


Figura 3.20 Perdite di carico a pari portata ridotta per ogni diametro

Le perdite di carico con la portata ridotta seguono i comportamenti visti in precedenza con valori scalati. Interessante notare come una riduzione della portata del 31% possa ridurre le perdite di carico anche del 48%.

3.3. Confronto a parità di velocità

Come approfondimento nell'analisi delle caratteristiche tecniche si esegue anche un confronto a parità di velocità, impostata a 1,5 m/s. In questo modo si distinguono meglio le caratteristiche, soprattutto le perdite di carico. Eliminando la differenza di velocità si distinguono bene le perdite di carico, mettendo in risalto il contributo della rugosità e della dimensione del tubo. Cambiano però le portate in gioco, realisticamente non molto corretto in quanto il parametro da definire in fase progettuale è la portata mentre la velocità rappresenta solamente un vincolo per problemi di rumore e perdite di carico.

Tabella 3.7 Caratteristiche tecniche 3/4" a pari velocità

Dati/materiale	3/4"						
	RAME	Multistrato	Nero	Zincato	Inox	PE-X	PP-R
Diametro esterno [mm]	22	26	27	27	22	25	32
Diametro interno [mm]	20	20	21,8	21,8	19,6	20,4	23,2
Velocità [m/s]	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Portata [l/h]	1696	1696	2015	2015	1628	1764	2282
Perdita di carico [mm c.a.] a 70-80°C	111	110	140	140	110	114	92
Perdita di carico [m c.a.]	0,111	0,110	0,140	0,140	0,110	0,114	0,092

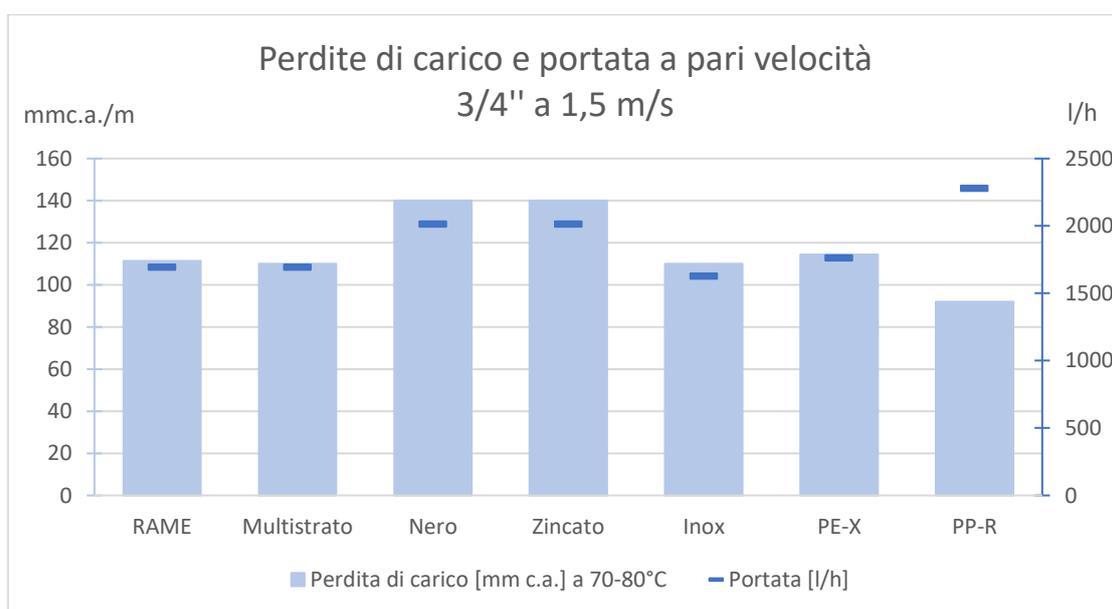


Figura 3.21 Perdite di carico e portata tubi da 3/4" a pari velocità

Senza la differenza di velocità notiamo come gli andamenti delle perdite risultino rappresentativi delle rugosità dei materiali. Acciaio nero e zincato presentano i valori maggiori, seppur con una portata leggermente superiore a rame, multistrato, inox e polietilene, questi presentano caratteristiche molto simili spiegate da diametro e rugosità all'incirca uguale. Si distingue sempre il polipropilene con la portata maggiore e la perdita minore, avendo esso rugosità paragonabili ai precedenti 4, il diametro interno risulta leggermente maggiore, parametro che lo porta ad essere il più valido.

Tabella 3.8 Caratteristiche tecniche 1" a pari velocità

Dati/materiale	1"						
	RAME	Multistrato	Nero	Zincato	Inox	PE-X	PP-R
Diametro esterno [mm]	28	32	33,8	33,8	28	32	40
Diametro interno [mm]	26	26	27,4	27,4	25,6	26,2	29
Velocità [m/s]	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Portata [l/h]	2866	2866	3182	3182	2778	2910	3565
Perdita di carico [mm c.a.] a 70-80°C	80	75	110	110	78	80	70
Perdita di carico [m c.a.]	0,080	0,075	0,110	0,110	0,078	0,080	0,070

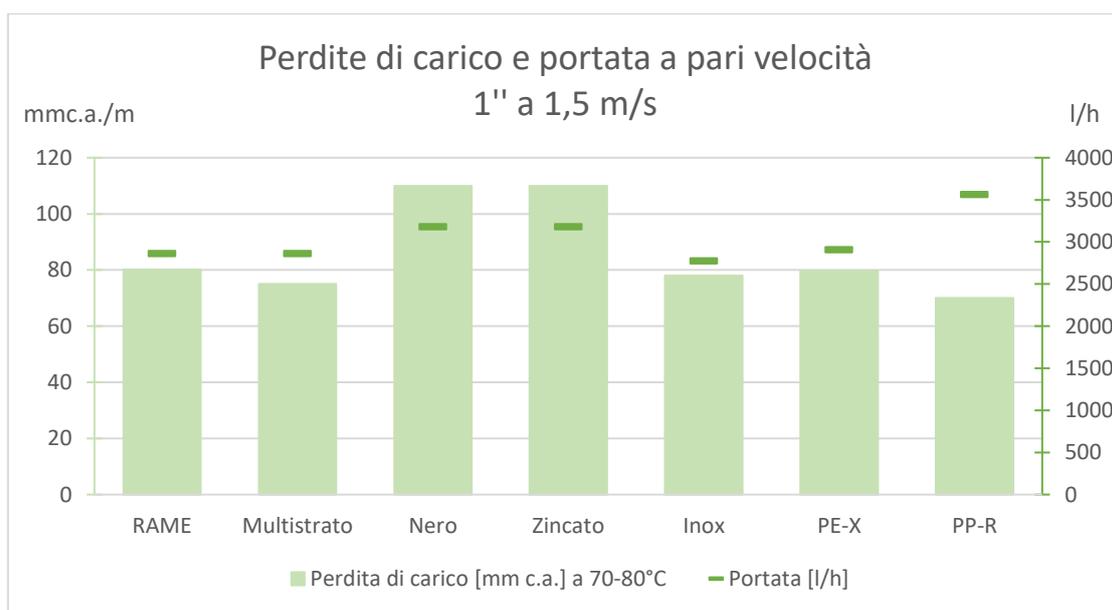


Figura 3.22 Perdite di carico e portata tubi da 1" a pari velocità

Comportamento simile al diametro da ¾".

Tabella 3.9 Caratteristiche tecniche 1"1/2 a pari velocità

Dati/materiale	1" 1/2						
	RAME	Multistrato	Nero	Zincato	Inox	PE-X	PP-R
Diametro esterno [mm]	42	50	48,4	48,4	42	50	63
Diametro interno [mm]	39	42	42	42	39	40,8	45,8
Velocità [m/s]	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Portata [l/h]	6448	7478	7478	7478	6448	7056	8892
Perdita di carico [mm c.a.] a 70-80°C	47	42	60	60	46	46	40
Perdita di carico [m c.a.]	0,047	0,042	0,060	0,060	0,046	0,046	0,040

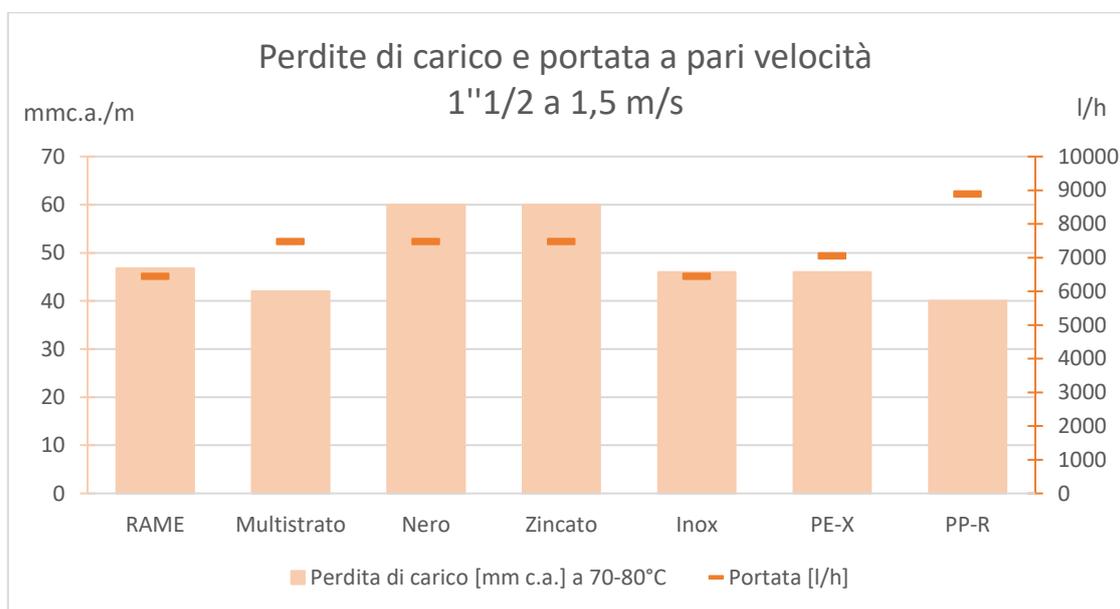


Figura 3.23 Perdite di carico e portata tubi da 1"1/2 a pari velocità

Comportamento simile ai precedenti diametri.

Tabella 3.10 Caratteristiche tecniche 2" a pari velocità

Dati/materiale	2"						
	RAME	Multistrato	Nero	Zincato	Inox	PE-X	PP-R
Diametro esterno [mm]	54	63	60,3	60,3	54	63	75
Diametro interno [mm]	51	54	53,1	53,1	51	51,4	54,4
Velocità [m/s]	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Portata [l/h]	11026	12361	11952	11952	11026	11199	12545
Perdita di carico [mm c.a.] a 70-80°C	35	37	45	45	33	35	32
Perdita di carico [m c.a.]	0,035	0,037	0,045	0,045	0,033	0,035	0,032

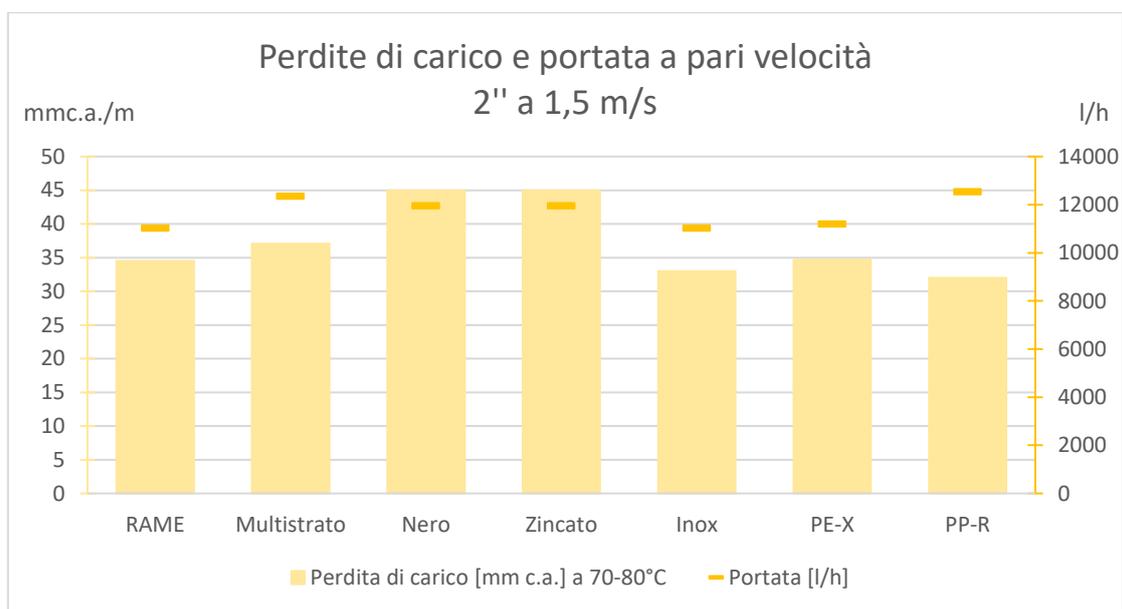
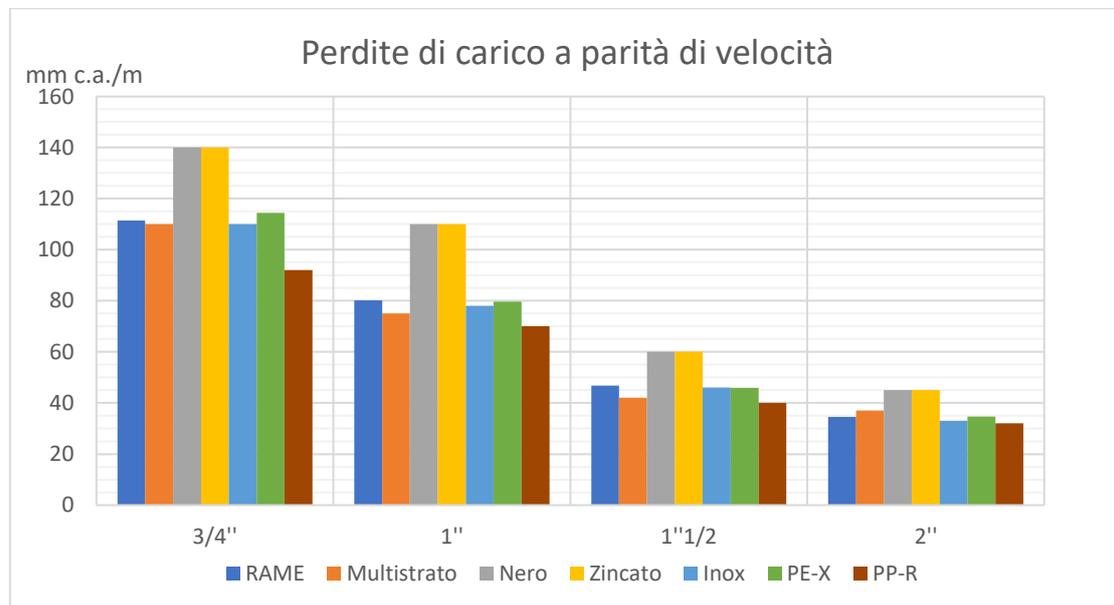


Figura 3.24 Perdite di carico e portata tubi da 2" a pari velocità

Comportamento simile ai precedenti diametri, unica differenza nel caso del polipropilene che assume valori simili agli altri materiali rimanendo comunque con il valore di portata maggiore.

3.3.1. Riepilogo caratteristiche a parità di velocità



Le perdite di carico mantengono lo stesso comportamento come spiegato per il $\frac{3}{4}$ ", si ha una diminuzione con l'aumento del diametro. Interessante notare la diversa diminuzione per quanto riguarda il polipropilene che, per il 2", arriva ad avere perdite confrontabili con gli altri materiali.

3.3.2. Confronto a parità di velocità ridotta

Per i piccoli diametri, essendo le velocità consigliate minori, si effettua un'ulteriore analisi a parità di velocità, 1 m/s, come nel caso di parità di portata.

Tabella 3.11 Caratteristiche tecniche 3/4" a pari velocità ridotta

Dati/materiale	3/4"						
	RAME	Multistrato	Nero	Zincato	Inox	PE-X	PP-R
Diametro esterno [mm]	22	26	27	27	22	25	32
Diametro interno [mm]	20	20	21,8	21,8	19,6	20,4	23,2
Velocità [m/s]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Portata [l/h]	1130	1130	1343	1343	1086	1176	1521
Perdita di carico [mm c.a.] a 70-80°C	55	53	65	65	54	50	43
Perdita di carico [m c.a.]	0,055	0,053	0,065	0,065	0,054	0,050	0,043

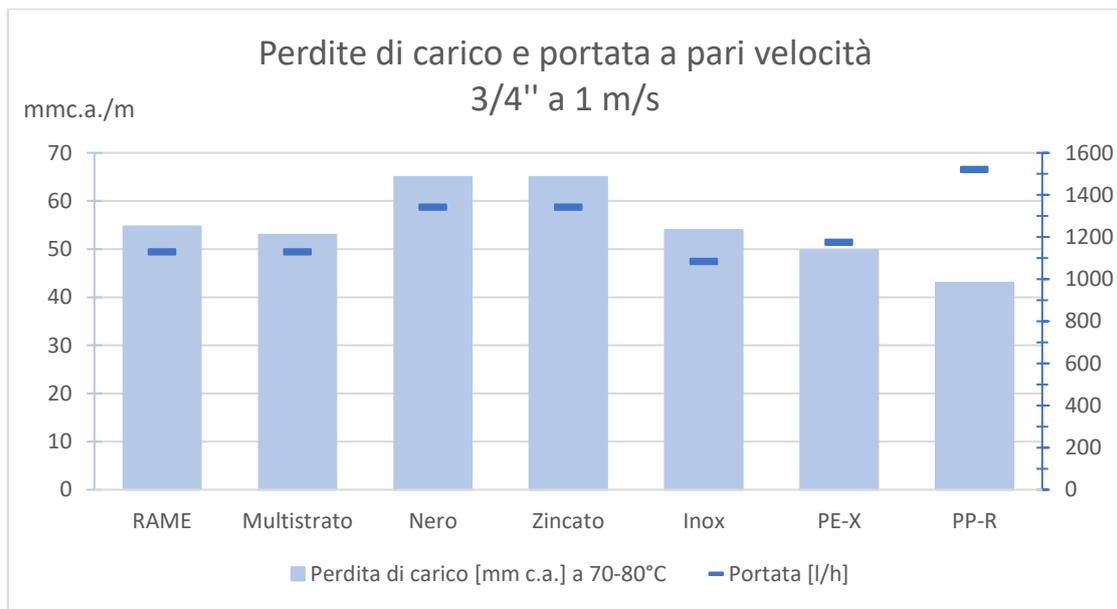


Figura 3.25 Perdite di carico e portata tubi da 3/4" a pari velocità ridotta

Tabella 3.12 Caratteristiche tecniche 1" a pari velocità ridotta

Dati/materiale	1"						
	RAME	Multistrato	Nero	Zincato	Inox	PE-X	PP-R
Diametro esterno [mm]	28	32	33,8	33,8	28	32	40
Diametro interno [mm]	26	26	27,4	27,4	25,6	26,2	29
Velocità [m/s]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Portata [l/h]	1910	1910	2122	2122	1852	1940	2377
Perdita di carico [mm c.a.] a 70-80°C	39	38	49	49	38	36	35
Perdita di carico [m c.a.]	0,039	0,038	0,049	0,049	0,038	0,036	0,035

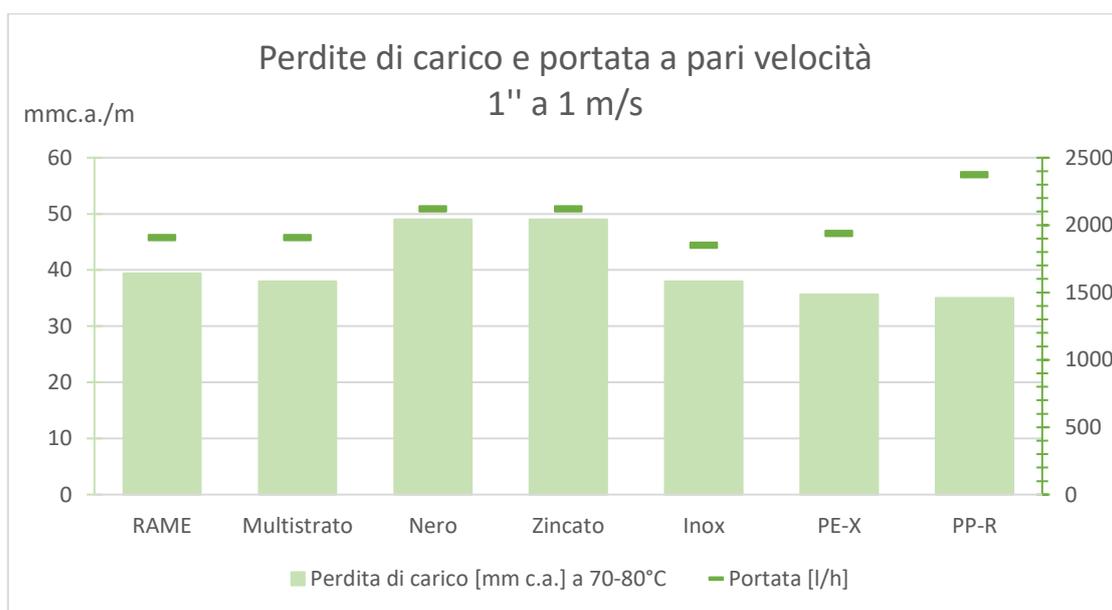


Figura 3.26 Perdite di carico e portata tubi da 1" a pari velocità ridotta

Nel caso di velocità di 1 m/s, sia per i tubi da ¾" che per quelli da 1" il divario tra le varie perdite risulta più contenuto. In questo caso il polipropilene perde la sua efficacia già ad 1", rimanendo però comunque il tubo con la portata passante maggiore, caratteristica che lo posiziona comunque come più valido.

4. Analisi economica tubi per impianti distribuzione acqua calda sanitaria e acqua per climatizzazione

Per completare il lavoro di confronto, seconda ma non per importanza, si esegue un'analisi economica basata su costi di fornitura di tubi, raccordi e isolante e costi di manodopera per la posa. Si analizzano diversi materiali e diverse tecniche di raccordo.

4.1. Costi fornitura

Primo confronto sui prezzi di sola fornitura, divisi in funzione del loro possibile impiego. I prezzi sono stati ricavati da cataloghi senza tenere conto della scontistica.

Di seguito i materiali analizzati e i tipi di tubo e raccordo usati per ognuno:

Acciaio inox a filettare:	Tubo in acciaio inox AISI 304 Spess. 3 mm, Intertubi [19]; Raccordo filettato in acciaio inox, gomito 90° FF AISI 316, Intertubi [19].
Acciaio inox saldato:	Tubo in acciaio inox AISI 304 Spess. 2 mm, Intertubi [19]; Raccordo a saldare in acciaio inox, curva 90° AISI 304, Intertubi [19].
Acciaio inox pressato:	Tubo in acciaio inox, Inoxpres, AISI 316L, Raccorderie Metalliche [19]; Raccordo in acciaio inox, Inoxpres, curva FF 90°, Raccorderie Metalliche [19].
Acciaio inox corrugato:	Tubo CSST corrugato formabile in acciaio inossidabile AISI 304, Eurotis [20].
Victaulic acciaio inox:	Tubo in acciaio inox AISI 304 Spess. 2 mm, Intertubi [19]; Raccordo, curva 90° scanalata e due giunti rigidi tipo Victaulic [21].
Rame saldato:	Tubo in rame crudo nudo, Zetaesse [19], [21]; Raccordo a saldare in rame RR5002, curva 90°, Frabo [19].
Rame pressato:	Tubo in rame crudo nudo, Zetaesse [19]; Raccordo in rame, Frabopress, curva 90° FF RS9002, Frabo [19].
Multistrato a pressare:	Tubo multistrato, SAMIPEXAL [22]; Raccordo a pressare, gomito 90° [23].
Multistrato a stringere:	Tubo multistrato, SAMIPEXAL [22]; Raccordo a stringere, gomito 90° [23].
Polietilene:	Tubo in polietilene reticolato, Combi Pipe e Aqua Pipe, Uponor [11]; Raccordo in PPSU, curva intermedia, Q&E, Uponor [11].
Polibutilene:	Tubo in polibutilene, Elotherm, Nupi [24]; Raccordo in PPSU, gomito 90°, Elotherm, Nupi [24].
Polipropilene:	Tubo in polipropilene copolimero random, Superflux, Aquatechnik [12]; Raccordo a saldare in polipropilene copolimero random, gomito 90°, Aquatechnik [12].

Acciaio zincato filettato:	Tubo acciaio ss zincato vite-manicotto, Tenaris [19]; Raccordo zincato in ghisa, gomito 90°, Euraccordi [19].
Polietilene:	Tubo in polietilene ad elevata densità, Nupi [24]; Raccordo a compressione in polipropilene, gomito 90°, Fip [19].
Acciaio nero a saldare:	Tubo acciaio nero liscio preverniciato, Tenaris [19]; Raccordo in acciaio nero da tubo senza saldatura, curva 90°, Cena [19].
Acciaio pressfitting:	Tubo in acciaio zincato esternamente, interno nero, Steelpres, Raccorderie Metalliche [18]; Raccordo in acciaio a pressare, Steelpres, Raccorderie Metalliche [18].
Victaulic acciaio:	Tubo acciaio nero liscio preverniciato, Tenaris [19]; Raccordo, curva 90° scanalata e due giunti rigidi tipo Victaulic [21].
Isolante:	Schiuma elastomerica flessibile a cellule chiuse, Polyflex C1, Evocell&Mobius [25]; Foglio di rivestimento in PVC auto avvolgente, Polypak, Evocell&Mobius [25].

La seguente tabella è suddivisa in funzione della tipologia di tubazione lungo le righe e in funzione del diametro lungo le colonne. I diametri sono riferiti ai pollici, al diametro nominale e al diametro interno tenendo conto delle varie equivalenze tra essi. Ogni colonna è suddivisa a sua volta in due, costo del materiale relativo ad un metro di lunghezza e costo della raccorderia intesa come gomito a 90°, scelto come rappresentativo della media tra tutti i possibili raccordi e giunti.

Tabella 4.1 Prezzi fornitura tubi per acqua calda sanitaria

TIPOLOGIA TUBAZIONE	materiale €/m		materiale €/m		materiale €/m		materiale €/m		materiale €/m		materiale €/m		materiale €/m		materiale €/m		materiale €/m		materiale €/m		
	raccorderia €/cad		raccorderia €/cad		raccorderia €/cad		raccorderia €/cad		raccorderia €/cad		raccorderia €/cad		raccorderia €/cad		raccorderia €/cad		raccorderia €/cad		raccorderia €/cad		
	DENOM. CLASSICA	1/2"	3/4"	1"	1"1/4	1"1/2	2"	2"1/2	3"	4"	5"										
	IDENT. DN	DN20	DN26	DN32	DN40	DN50	DN60	DN75	DN80	DN100	DN125										
D INT. [mm]	15	20	30	36	45	53	65	80	100	125											
ACCIAIO INOX FILETTATO	12,59	2,34	15,71	3,65	18,03	5,63	22,56	9,17	25,64	10,94	32,01	18,60	40,19	33,52	47,23	49,12	42,28	81,36			
ACCIAIO INOX SALDATO	8,59	3,10	10,43	3,10	12,66	3,29	15,87	4,05	18,07	4,71	22,31	6,86	28,05	12,81	32,89	16,06	41,96	26,57			46,21
ACCIAIO INOX PRESSATO	8,89	6,10	14,09	8,43	17,78	11,20	26,86	17,56	32,10	30,13	41,24	42,04	75,91	99,21	87,89	120,70	108,10	164,60	177,02	352,00	
ACCIAIO INOX CORRUGATO	7,99		9,42		13,46		17,72		21,26		24,91		32,65								
VITULIC ACCIAIO INOX					12,66	13,90	15,87	13,90	18,07	14,80	22,31	16,20	28,05	19,60	32,89	25,00	41,96	33,40			
RAME SALDATO	5,24	0,76	10,92	1,15	14,23	2,00	19,07	5,34	22,92	7,61	44,04	20,87	114,00	77,66	143,00	207,00	224,00	295,00			
RAME PRESSATO	5,24	2,73	10,92	4,43	14,23	8,11	19,07	16,29	22,92	31,36	44,04	43,16	114,00		143,00		224,00				
MULTISTRATO A PRESSARE	1,30	2,99	2,78	5,16	4,36	7,36	9,83	17,35	14,70	28,85	20,35	47,17		107,48							
MULTISTRATO A STRINGERE	1,30	3,19	2,78	6,17	4,36	10,65	9,83	13,70	14,70		20,35										
PE-Xa	4,17	2,56	6,05	3,88	13,10	7,01	15,88	14,70	29,83	31,97	41,76	58,42									
POLIBUTILENE	2,22	3,08	4,15	4,49	7,46	7,40															
POLIPROPILENE	2,84	0,75	4,65	0,92	7,39	1,46	11,58	2,69	17,97	5,20	25,45	7,59	36,16	12,39	54,27	26,39	63,39	40,48			

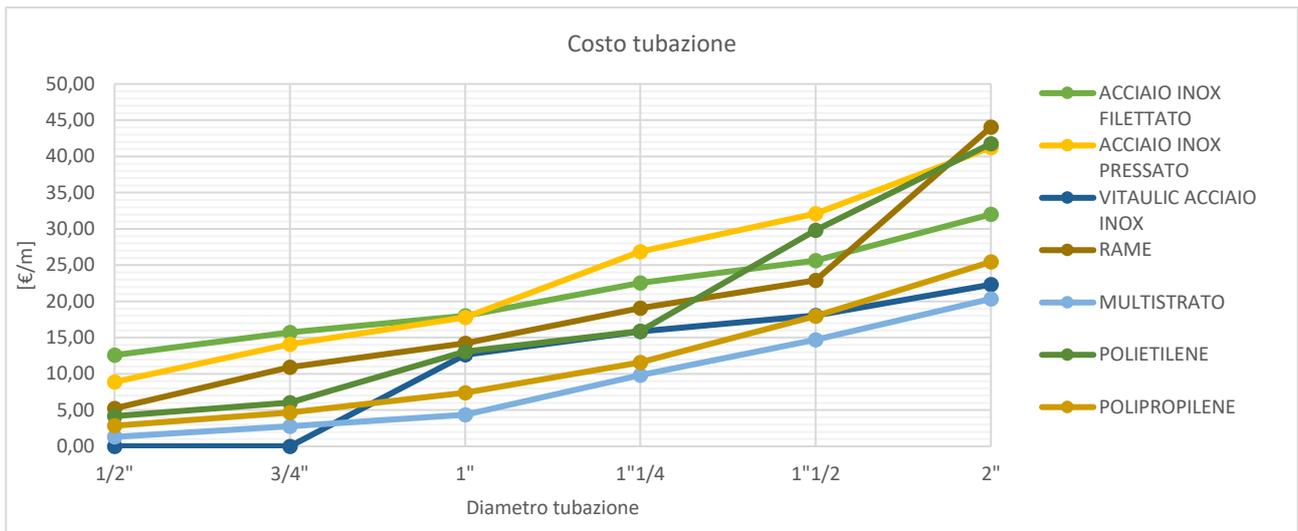


Figura 4.1 Costo tubi acqua calda sanitaria diametri piccoli e medi

Per i diametri medio piccoli, si nota in Figura 4.1, inox e rame risultano i più cari, rispecchiando le loro ottime proprietà. Il polietilene, costa relativamente poco per i diametri piccoli, mentre dopo il 1''1/4 il prezzo è confrontabile con rame e inox. Risultano sempre convenienti dal punto di vista economico multistrato e polipropilene mantenendo sempre un costo contenuto.

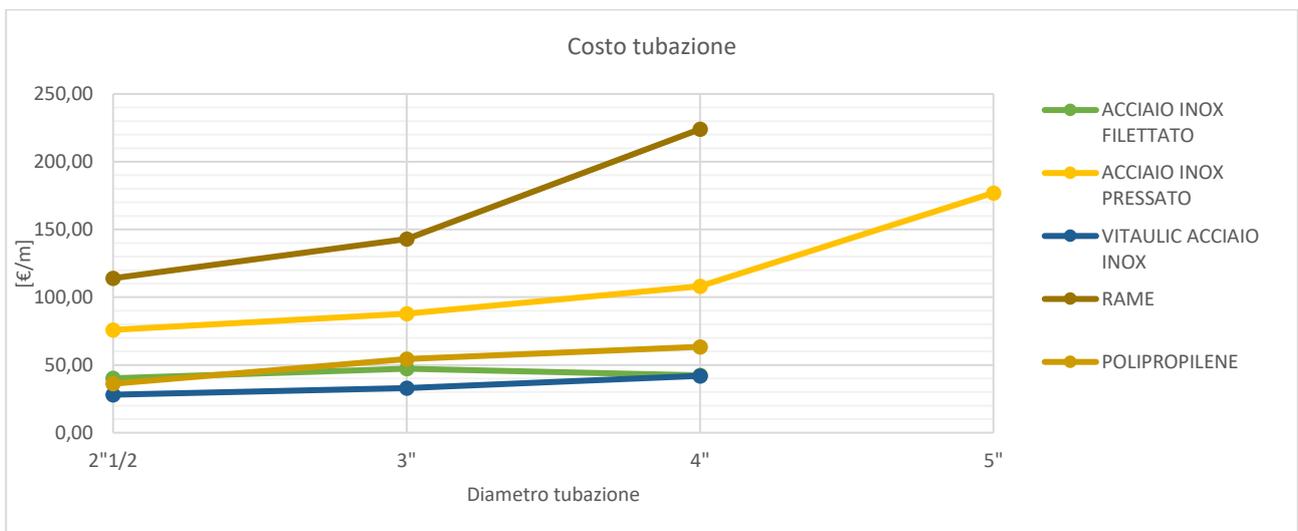


Figura 4.2 Costo tubi acqua calda sanitaria diametri grandi

Non tutti i materiali presentano tubi oltre il diametro di 2'', sono sempre presenti i classici inox e rame, per i quali ci sono tubi disponibili in tutte le dimensioni, l'unico materiale plastico disponibile per grandi diametri è il polipropilene. Spariscono invece multistrato e polietilene le cui dimensioni massime sono di 2''. Il rame presenta una grande impennata nei prezzi, distaccandosi dagli altri. A seguire inox pressato, mentre i più economici risultano inox filettato, inox Victaulic e polipropilene con prezzi confrontabili tra loro.

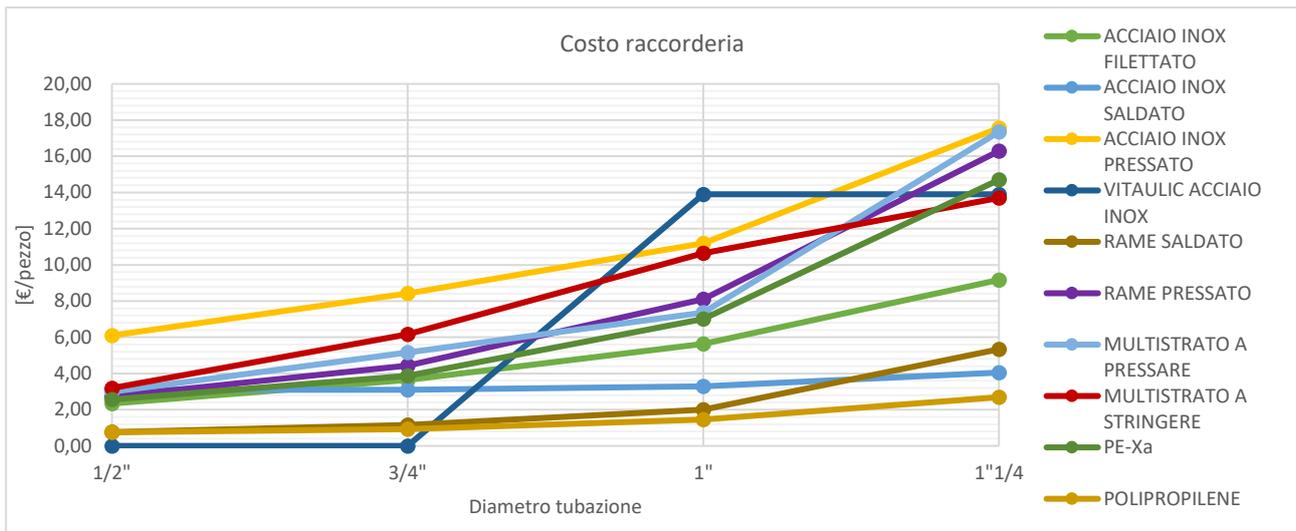


Figura 4.3 Costo raccorderia acqua calda sanitaria diametri piccoli

In Figura 4.3 e nelle successive due figure si possono osservare i costi della raccorderia. Il tipo di raccordo può cambiare per lo stesso materiale. In generale il costo dei raccordi non rispecchia più il solo costo del materiale ma è anche funzione del tipo di montaggio richiesto. L'inox presenta costi alti se pressato o di tipo Victaulic, in quest'ultimo caso i raccordi disponibili sono da 1" in su, costi medi se filettati e costi relativamente bassi se saldati. L'ordine risulta concorde alla complessità del giunto e inverso ai tempi richiesti per il montaggio in quanto le tecnologie a pressare e Victaulic sono poco dispendiose da questo punto di vista, i raccordi a filettare richiedono tempi maggiori, mentre la saldatura è quella che richiede più tempo e attenzione. Lo stesso ragionamento vale anche per il rame che presenta i raccordi a pressare come tra i più costosi mentre il raccordo saldato si colloca tra i meno costosi. Nel caso del multistrato entrambe le tecnologie costano all'incirca uguale e si collocano nella fascia alta di prezzo, il raccordo a pressare necessita di meno tempo per il montaggio ma ha bisogno della pinza per essere chiuso, mentre il raccordo a stringere non ha bisogno di attrezzi speciali. Il polietilene in discussione adotta una tecnologia chiamata Quick&Easy, un sistema di raccordi auto serranti che utilizzano l'elasticità dei tubi stessi. Il costo di quest'ultima è medio basso lasciando come meno costoso il polipropilene. La saldatura tramite polifusore del polipropilene risulta la più conveniente dal punto di vista economico.

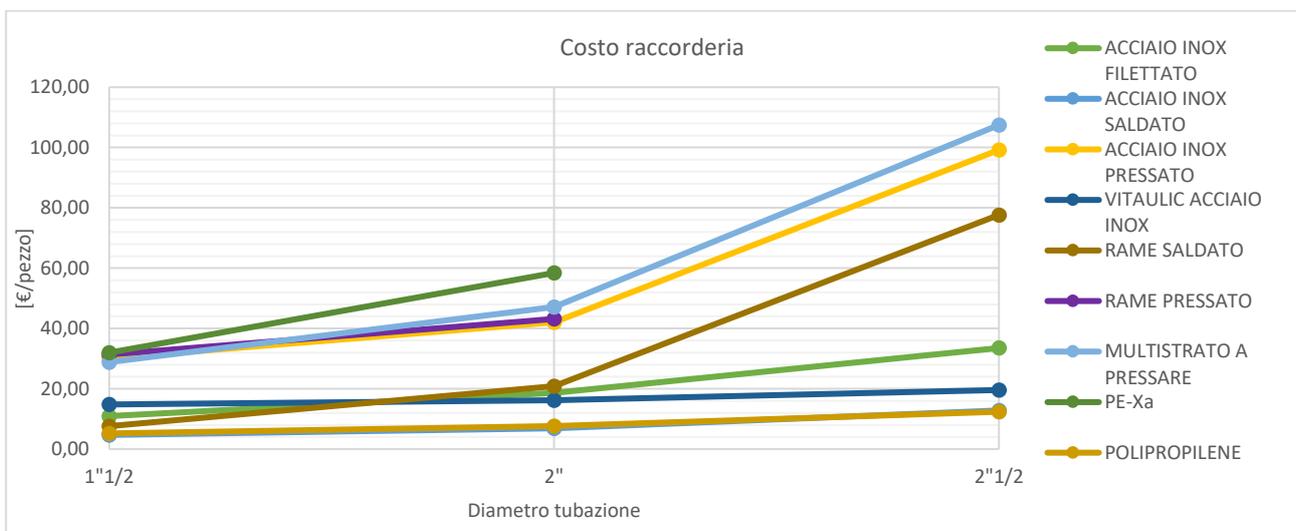


Figura 4.4 Costo raccorderia acqua calda sanitaria diametri medi

Per i diametri medi, l'inox presenta la stessa classificazione per le tecnologie, rispettivamente a pressare, filettate, Victaulic e saldate. Si nota però come la tecnologia a pressare aumenti di molto passando dal 2" al 2"1/2 mentre tutte le altre hanno un andamento pressoché lineare. Per il rame pressato ci si limita al 2" con costi confrontabili con quelli dell'inox pressato, per diametri maggiori probabilmente aumenterebbe come l'inox. Anche per quanto riguarda i raccordi di rame saldati, oltre il 2" l'aumento di prezzo è decisamente alto portandolo tra i più costosi dell'analisi. Vale lo stesso discorso per il multistrato a pressare, per questo motivo, molto probabilmente, il raccordo a pressare risulta appetibile per diametri piccoli fino al 2". Polipropilene e polietilene mantengono un andamento lineare dei prezzi e si collocano nella fascia bassa del diagramma.

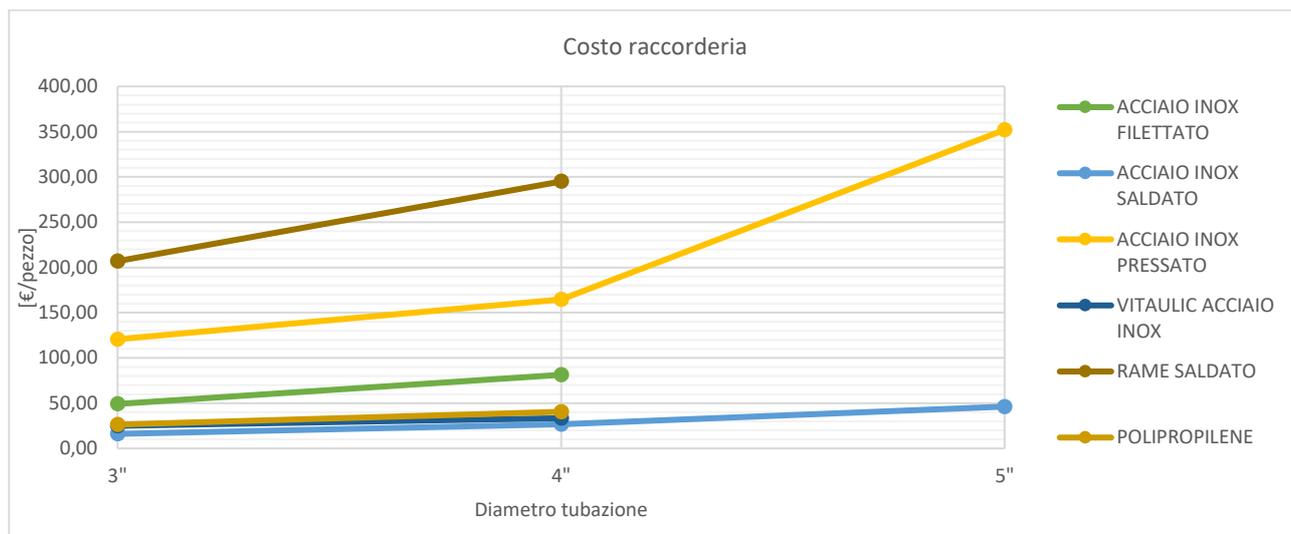


Figura 4.5 Costo raccorderia acqua calda sanitaria diametri grandi

Per i diametri grandi si riduce la lista di tipi di raccordi utilizzabili. Partendo dal più costoso, il rame saldato che aveva visto un'impennata dei prezzi già per i diametri medi, la sua tendenza è sempre a salire. Inox pressato condivide lo stesso andamento con prezzi più contenuti. I meno costosi risultano inox filettato, inox Victaulic, inox saldato e polipropilene.

In aggiunta ai tubi e alle tecnologie adottabili per l'acqua calda sanitaria si riportano tubi in materiali adatti per l'acqua fredda sanitaria e per il riscaldamento.

Tabella 4.2 Prezzi fornitura tubi per acqua fredda sanitaria

TIPOLOGIA TUBAZIONE	DENOM. CLASSICA	1/2"		3/4"		1"		1"1/4		1"1/2		2"		2"1/2		3"		4"		5"			
		IDENT. DN		DN20		DN26		DN32		DN40		DN50		DN60		DN75		DN80		DN100		DN125	
		D INT. [mm]		15		20		30		36		45		53		65		80		100		125	
ACCIAIO ZINCATO FILETTATO		5,46	0,99	6,41	1,56	8,35	2,29	10,27	4,40	11,62	7,05	16,44	8,33	20,99	24,39	27,26	33,43	39,68	59,86	59,31			
POLIETILENE		0,78	3,38	1,17	4,12	1,82	5,13	2,86	8,84	4,35	12,40	6,89	15,03	9,28	29,05	13,49	36,06	19,94	74,56				

Tabella 4.3 Prezzi fornitura tubi per acqua per climatizzazione

TIPOLOGIA TUBAZIONE	DENOM. CLASSICA	materiale €/m		materiale €/m		materiale €/m		materiale €/m		materiale €/m		materiale €/m		materiale €/m		materiale €/m		materiale €/m		materiale €/m	
		raccorderia €/cad		raccorderia €/cad		raccorderia €/cad		raccorderia €/cad		raccorderia €/cad		raccorderia €/cad		raccorderia €/cad		raccorderia €/cad		raccorderia €/cad		raccorderia €/cad	
		1/2"		3/4"		1"		1"1/4		1"1/2		2"		2"1/2		3"		4"		5"	
		IDENT. DN	DN20	DN26	DN32	DN40	DN50	DN60	DN75	DN80	DN100	DN125									
	D INT. [mm]	15	20	30	36	45	53	65	80	100	125										
ACCIAIO NERO A SALDARE		3,49	2,13	4,17	1,85	6,19	2,02	7,78	2,43	8,98	2,71	12,20	4,03	15,75	6,15	21,26	8,66	29,90	14,40	25,02	
ACCIAIO PRESSFITTING		2,86	3,58	4,39	4,10	5,75	5,61	7,35	12,13	8,61	20,06	11,97	23,87	26,95	52,01	33,47	71,71	41,10	96,83		
VITAULIC ACCIAIO						6,19	13,90	7,78	13,90	8,98	14,80	12,20	16,20	15,75	19,60	21,26	25,00	29,90	33,40		

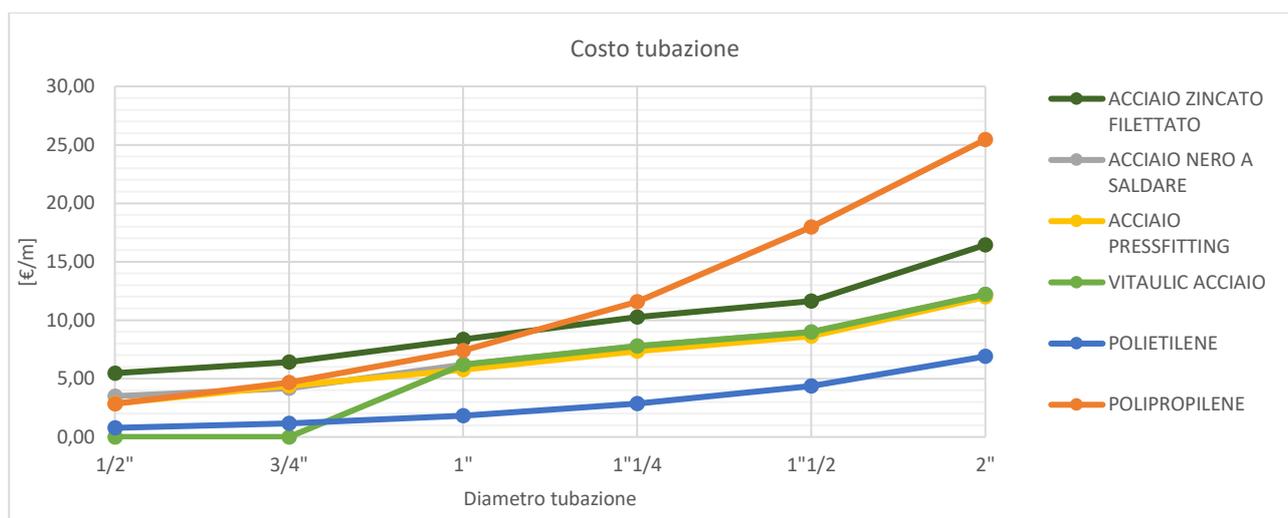


Figura 4.6 Costo tubi acqua fredda sanitaria e climatizzazione diametri piccoli e medi

In generale, le tubazioni sopracitate, non devono soddisfare le stesse proprietà dell'acqua calda sanitaria, risultando dunque più economiche di esse. Di questa categoria il più costoso risulta l'acciaio zincato, il quale è adatto anche all'acqua fredda sanitaria. Il costo alto è spiegato dall'ulteriore lavorazione per rivestire il tubo. A seguire abbiamo l'acciaio non rivestito, o meglio dire non zincato in quanto anch'esso dovrà essere rivestito o verniciato in seguito alla posa. I tubi in acciaio destinati a raccordi diversi condividono gli stessi costi. Il più economico risulta il polietilene, questa volta non reticolato. Questo materiale però è solitamente usato solo interrato per trasporto di acqua su lunghe distanze. Come indicatore di confronto con i grafici dell'acqua calda sanitaria si riportano i dati del polipropilene, materiale che risultava nella fascia bassa di prezzo adesso risulta mediamente alto per i diametri piccoli e supera i costi di tutti gli altri materiali per i diametri medi.

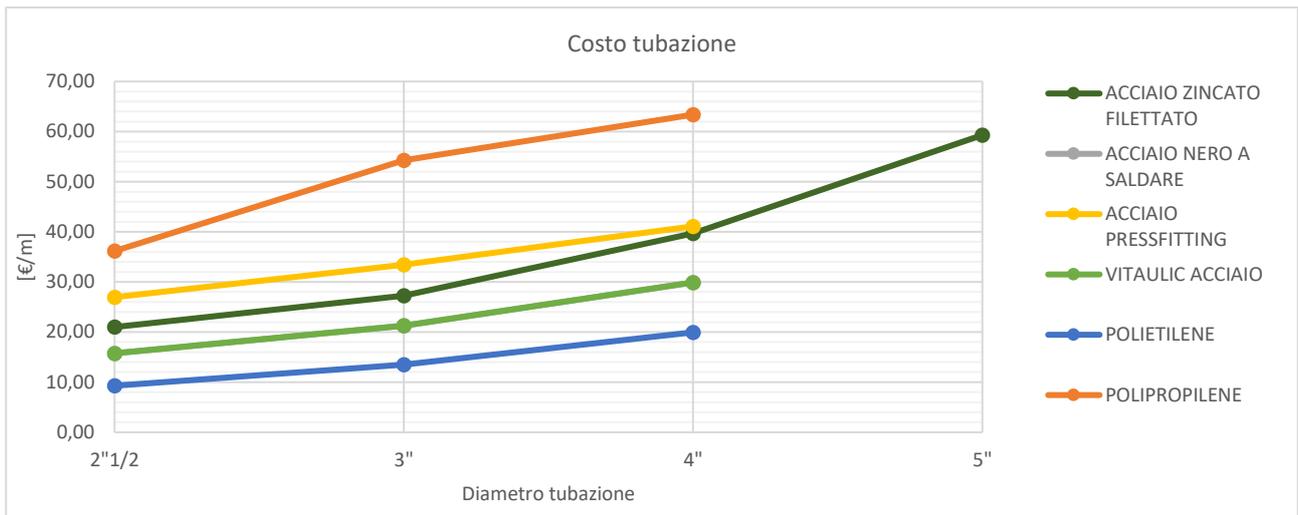


Figura 4.7 Costo tubi acqua fredda sanitaria e climatizzazione diametri grandi

I tubi a diametri più grandi rispecchiano gli andamenti visti prima. Il distacco dal polipropilene, e quindi da tutti i materiali adatti all'acqua calda sanitaria, aumenta sempre più.

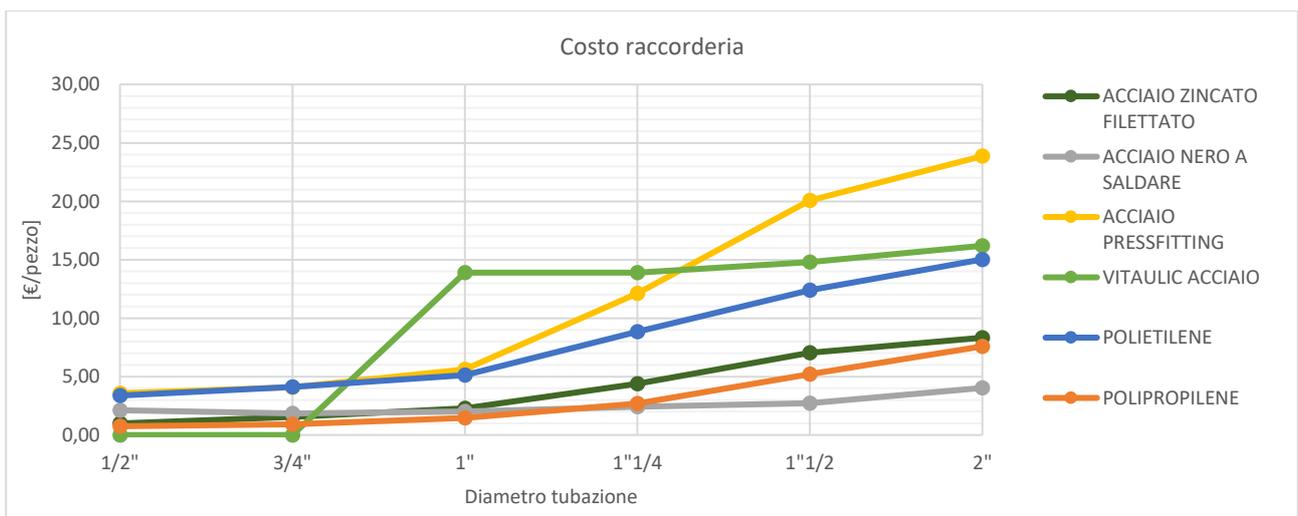


Figura 4.8 Costo raccorderia acqua fredda sanitaria e climatizzazione diametri piccoli e medi

La raccorderia per l'acqua fredda sanitaria e/o per la climatizzazione presenta i costi mostrati in Figura 4.8. I diametri piccoli presentano costi molto contenuti, mentre oltre il 1" si iniziano a distinguere andamenti diversi. Il Victaulic per l'acciaio non presenta molta variazione con l'aumento del diametro, ma il suo prezzo è mediamente alto. L'acciaio a pressare presenta la curva più ripida a differenza dei raccordi zincati a filettare e di quelli a saldare i cui costi sono contenuti anche per i diametri medi. I raccordi a compressione del polietilene si trovano circa nella mezzeria sul diagramma.

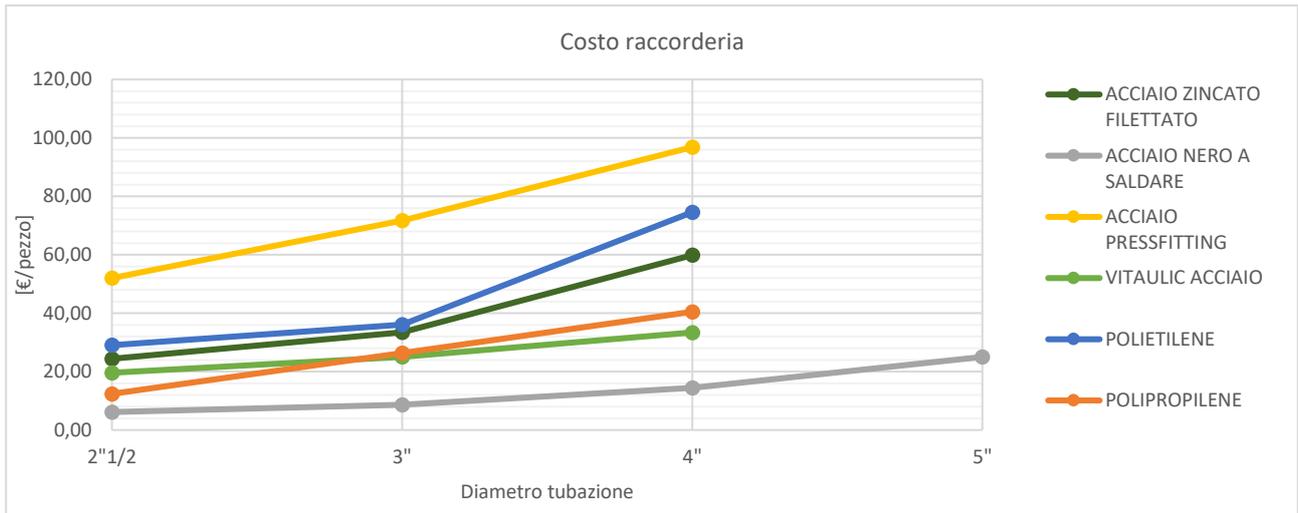


Figura 4.9 Costo raccorderia acqua fredda sanitaria e climatizzazione diametri grandi

Per i grandi diametri, la tecnologia pressfitting dell'acciaio risulta sempre la più costosa. A seguire, molto simili i costi dei raccordi del polipropilene e dell'acciaio zincato il quale subisce un aumento considerevole rispetto ai diametri piccoli e medi. Nella parte bassa del grafico troviamo i raccordi tipo Victaulic e, come più economico, i raccordi in acciaio da saldare.

Il polipropilene è confrontabile con le meno costose e più tradizionali tecniche dell'acciaio, di conseguenza se dovessimo sovrapporre i grafici appena analizzati con i grafici sulle tecnologie di raccordo dell'acqua calda sanitaria essi si collocherebbero nella fascia medio bassa.

4.1.1. Isolante fornitura

Prezzi da catalogo, rispettano lo spessore del D.P.R. 412.

Tabella 4.4 Costo isolante

TIPOLOGIA TUBAZIONE	DENOM. CLASSICA	1/2"		3/4"		1"		1"1/4		1"1/2		2"		2"1/2		3"		4"	
		spessore mm	isolamento €/m																
	IDENT. DN	DN20		DN26		DN32		DN40		DN50		DN60		DN75		DN80		DN100	
	D INT. [mm]	15		20		30		36		45		53		65		80		100	
	SCHIUMA ELASTOMERICA (0,040 A 40°C) CATEGORIA A	32,00	13,83	32,00	15,61	32,00	17,56	40,00	45,46	40,00	50,37	50,00	90,39	50,00	110,04	55,00	126,25	60,00	146,70
	SCHIUMA ELASTOMERICA (0,040 A 40°C) CATEGORIA B	15,00	2,01	15,00	2,63	15,00	2,83	19,00	6,34	19,00	7,13	25,00	22,89	25,00	25,13	32,00	28,01	32,00	55,42
	SCHIUMA ELASTOMERICA (0,040 A 40°C) CATEGORIA C	9,00	1,23	9,00	1,68	9,00	1,70	13,00	2,75	13,00	3,09	15,00	5,26	15,00	6,26	19,00	12,19	19,00	16,83

Foglio di rivestimento in PVC auto avvolgente H 1m per finitura in vista delle coibentazioni.

Tabella 4.5 Costo rivestimento isolante

RIVESTIMENTO PVC AUTOAVVOLGENTE	8.93	€/mq
---------------------------------------	------	------

I costi dell'isolante aumentano all'aumentare di diametro e spessore. Si differenziano nelle tre categorie previste dal D.P.R. 412. L'isolamento della tubazione dell'acqua fredda sanitaria deve essere eseguito con gli spessori previsti dalla categoria C. Il rivestimento in PVC è sempre previsto quando le tubazioni corrono all'interno degli edifici, altrimenti, nel caso esse siano esposte ad agenti atmosferici, il rivestimento dovrà essere in alluminio. Esistono anche sistemi composti formati da isolante già completo di protezione esterna.

4.2. Costi fornitura e posa

Per i costi di fornitura e posa i costi sono stati forniti da una ditta installatrice in funzione dei dati con i quali vengono eseguiti i preventivi in funzione dei costi della tubazione, della raccorderia, dello staffaggio, della manodopera, di eventuali materiali di uso e consumo e degli sfridi. La ditta di interesse è la Insurbia Servizi Energetici [26].

Si esegue un confronto per quanto riguarda il costo della sola tubazione con il prezzario della Regione Piemonte [27].

Tubazione in *acciaio nero* tipo FRETZ-MOON con estremità liscia (Tabella UNI 7287/74), saldatura ossiacetilenica, posata in vista o sottotraccia, compresi incidenza di due riprese di vernice antiruggine, taglio e preparazione superfici, raccorderia a saldare, materiale da saldatura, prova idraulica (prezzo al metro calcolato con un'incidenza di un raccordo ogni 8 m e tre saldature, esclusi ancoraggi e/o staffe e opere murarie):

Tabella 4.6 Costo fornitura e posa tubazione in acciaio nero

TUBAZIONI NERE IN TUBO F.M. NERO LISCIO	DIAM. 3/8"	DIAM. 1/2"	DIAM. 3/4"	DIAM. 1"	DIAM. 1"1/4	DIAM. 1"1/2	DIAM. 2"	DIAM. 2"1/2	DIAM. 3"	DIAM. 4"
kg/m	0,674	0,952	1,41	2,01	2,58	3,25	4,11	5,5	6,81	9,89
Costo tubazione €/m	€ 1,90	€ 2,40	€ 2,70	€ 3,60	€ 4,60	€ 5,30	€ 7,40	€ 9,40	€ 12,50	€ 17,70
Raccorderia 15%	€ 0,29	€ 0,36	€ 0,41	€ 0,54	€ 0,69	€ 0,80	€ 1,11	€ 1,41	€ 1,88	€ 2,66
Materiale saldatura, uso e consumo	€ 4,60	€ 4,60	€ 4,60	€ 7,50	€ 7,50	€ 7,50	€ 7,50	€ 11,00	€ 11,00	€ 11,00
Sfridi 3%	€ 0,06	€ 0,07	€ 0,08	€ 0,11	€ 0,14	€ 0,16	€ 0,22	€ 0,28	€ 0,38	€ 0,53
Mano d'opera 200%	€ 5,00	€ 5,00	€ 5,00	€ 10,00	€ 10,00	€ 10,00	€ 10,00	€ 15,00	€ 15,00	€ 15,00
Staffaggio 34%	€ 0,65	€ 0,82	€ 0,92	€ 1,22	€ 1,56	€ 1,80	€ 2,52	€ 3,20	€ 4,25	€ 6,02
Costo totale €/metro	€ 12,49	€ 13,25	€ 13,70	€ 22,97	€ 24,49	€ 25,56	€ 28,75	€ 40,29	€ 45,00	€ 52,90
Prezzario Piemonte	€ 1,42	€ 1,41	€ 1,82	€ 2,27	€ 2,92	€ 3,67	€ 4,64	€ 6,22	€ 7,70	€ 11,18
verniciatura antiruggine una mano + spazzolatura €/metro	€ 0,38	€ 0,45	€ 0,53	€ 0,68	€ 0,57	€ 0,65	€ 1,20	€ 1,50	€ 1,80	€ 1,90
Verniciatura 2 mani smalto in colore UNI €/metro	€ 1,35	€ 1,65	€ 2,06	€ 2,60	€ 3,25	€ 3,70	€ 4,61	€ 5,75	€ 7,00	€ 8,50

Dal confronto con i prezzi previsti dalla Regione Piemonte, i prezzi offerti dalla Insurbia Servizi Energetici risultano leggermente sovrastimati.

Tubazioni in *acciaio zincato* senza saldature UNI 8863 serie MEDIA, filettata, posata in vista o sottotraccia, compresa incidenza, taglio, preparazione superfici, filettatura, raccorderia zincata/filettata, guarnitura filetti, prova idraulica (prezzo al metro calcolato con un'incidenza di un raccordo ogni 4 m, due tagli e due filettature, esclusi ancoraggi e staffe e opere murarie):

Tabella 4.7 Costo fornitura e posa tubazione in acciaio zincato

TUBAZIONI IN TUBO ZINCATO	DIAM. 3/8"	DIAM. 1/2"	DIAM. 3/4"	DIAM. 1"	DIAM. 1"1/4	DIAM. 1"1/2	DIAM. 2"	DIAM. 2"1/2	DIAM. 3"	DIAM. 4"
Costo tubazione €/m	€ 2,80	€ 3,20	€ 3,60	€ 5,30	€ 6,70	€ 7,70	€ 10,60	€ 13,50	€ 17,80	€ 25,50
Raccorderia 35%	€ 0,98	€ 1,12	€ 1,26	€ 1,86	€ 2,35	€ 2,70	€ 3,71	€ 4,73	€ 6,23	€ 8,93
Materiale uso e consumo 3%	€ 0,08	€ 0,10	€ 0,11	€ 0,16	€ 0,20	€ 0,23	€ 0,32	€ 0,41	€ 0,53	€ 0,77
Sfridi 3%	€ 0,08	€ 0,10	€ 0,11	€ 0,16	€ 0,20	€ 0,23	€ 0,32	€ 0,41	€ 0,53	€ 0,77
Mano d'opera 150%	€ 4,20	€ 4,80	€ 5,40	€ 7,95	€ 10,05	€ 11,55	€ 15,90	€ 20,25	€ 26,70	€ 38,25
Staffaggio 100%	€ 2,80	€ 3,20	€ 3,60	€ 5,30	€ 6,70	€ 7,70	€ 10,60	€ 13,50	€ 17,80	€ 25,50
Costo totale €/metro	€ 10,95	€ 12,51	€ 14,08	€ 20,72	€ 26,20	€ 30,11	€ 41,45	€ 52,79	€ 69,60	€ 99,71
Prezzario Piemonte	€ 1,32	€ 1,50	€ 1,95	€ 2,39	€ 3,07	€ 3,87	€ 4,89	€ 6,55	€ 8,10	€ 11,77

Dal confronto con i prezzi previsti dalla Regione Piemonte, i prezzi offerti dalla Insurbia Servizi Energetici risultano leggermente sovrastimati. Ragionevolmente il discorso si potrebbe allargare a tutti i materiali.

Tubazioni in polipropilene "FUSIOTHERM":

Tabella 4.8 Costo fornitura e posa tubazione in polipropilene

TUBAZIONE IN TUBO "FUSIOTHERM" PP	DIAM. 20	DIAM. 25	DIAM. 32	DIAM. 40	DIAM. 50	DIAM. 63	DIAM. 75	DIAM. 90
Costo tubazione faser €/m	€ 1,32	€ 2,50	€ 3,05	€ 4,88	€ 7,50	€ 11,60	€ 17,00	€ 25,00
Raccorderia 3 X 5 metri	€ 2,25	€ 3,75	€ 4,75	€ 7,60	€ 17,75	€ 25,90	€ 45,80	€ 91,60
Sfridi 3%	€ 0,04	€ 0,08	€ 0,09	€ 0,15	€ 0,23	€ 0,35	€ 0,51	€ 0,75
Mano d'opera (6 saldature per 5 metri)	€ 2,50	€ 2,50	€ 3,50	€ 5,00	€ 6,00	€ 8,00	€ 12,00	€ 15,00
Staffaggio	€ 2,50	€ 2,50	€ 2,50	€ 3,50	€ 4,00	€ 6,00	€ 8,00	€ 8,00
Costo totale €/metro	€ 8,61	€ 11,33	€ 13,89	€ 21,13	€ 35,48	€ 51,85	€ 83,31	€ 140,35

Tubazione in multistrato:

Tabella 4.9 Costo fornitura e posa tubazione in multistrato

TUBAZIONE MULTISTRATO NUDO	DIAM. 20	DIAM. 25	DIAM. 32	DIAM. 40	DIAM. 50	DIAM. 63
Costo tubazione €/m	€ 1,34	€ 2,00	€ 3,30	€ 6,95	€ 9,70	€ 21,60
Raccorderia prezzo medio tra curva, tee, manicotto, tipo a pressare 2 ogni 5 metri	€ 1,20	€ 1,55	€ 2,60	€ 4,70	€ 7,00	€ 10,00
Sfridi 3%	€ 0,04	€ 0,06	€ 0,10	€ 0,21	€ 0,30	€ 0,65
Staffaggio	€ 2,50	€ 2,50	€ 2,50	€ 3,50	€ 4,00	€ 6,00
Mano d'opera	€ 6,00	€ 10,00	€ 13,20	€ 25,00	€ 25,00	€ 25,00
Costo totale €/metro	€ 11,08	€ 16,11	€ 21,70	€ 40,36	€ 46,00	€ 63,25

Tubazione pressfitting in acciaio inox:

Tabella 4.10 Costo fornitura e posa tubazione in acciaio inox pressfitting

TUBAZIONE PRESSFITTING ACC. INOX	DIAM. 18	DIAM. 22	DIAM. 28	DIAM. 35	DIAM. 42	DIAM. 54
Costo tubazione €/m	€ 6,84	€ 9,24	€ 11,52	€ 16,88	€ 20,80	€ 26,80
Raccorderia 15% prezzo medio tra curva, tee, manicotto, tipo a pressare 2 ogni 5 metri	€ 1,65	€ 1,85	€ 2,30	€ 3,00	€ 4,40	€ 6,50
Sfridi 3%	€ 0,21	€ 0,28	€ 0,35	€ 0,51	€ 0,62	€ 0,80
Staffaggio	€ 2,50	€ 2,50	€ 2,50	€ 3,50	€ 4,00	€ 6,00
Mano d'opera	€ 8,00	€ 10,00	€ 13,20	€ 20,00	€ 28,00	€ 33,00
Costo totale €/metro	€ 19,20	€ 23,87	€ 29,87	€ 43,89	€ 57,82	€ 73,10

Tubazione *rame crudo* in verghe, caratteristiche dimensionali conformi a norma UNI 6507 B, titolo purezza 99,9, idoneo per impianti termici e gas, posato in vista, compresi raccordi a pressare ancoraggi, escluse opere murarie.

Tabella 4.11 Costo fornitura e posa tubazione in rame crudo

TUBAZIONE PRESSFITTING RAME	DIAM. 18	DIAM. 22	DIAM. 28	DIAM. 35	DIAM. 42	DIAM. 54
Costo tubazione €/m	€ 6,72	€ 8,40	€ 10,72	€ 14,36	€ 17,20	€ 32,80
Raccorderia 15%	€ 1,50	€ 1,50	€ 2,50	€ 5,00	€ 9,00	€ 12,00
Sfridi 3%	€ 0,20	€ 0,25	€ 0,32	€ 0,43	€ 0,52	€ 0,98
Staffaggio	€ 2,50	€ 2,50	€ 2,50	€ 3,50	€ 4,00	€ 6,00
Mano d'opera	€ 10,00	€ 15,00	€ 20,00	€ 30,00	€ 35,00	€ 35,00
Costo totale €/metro	€ 20,92	€ 27,65	€ 36,04	€ 53,29	€ 65,72	€ 86,78

Tubazione scanalata tipo Victaulic

Tabella 4.12 Costo fornitura e posa tubazione in acciaio tipo Victaulic

TUBAZIONE SCANALATA VICTAULIC	DIAM. 1"	DIAM. 1"1/4	DIAM. 1"1/2	DIAM. 2"	DIAM. 2"1/2	DIAM. 3"	DIAM. 4"
Costo tubazione €/m	€ 6,19	€ 7,78	€ 8,98	€ 12,02	€ 15,75	€ 21,26	€ 29,90
Raccorderia (1 ogni 4m)	€ 3,48	€ 3,48	€ 3,70	€ 4,05	€ 4,90	€ 6,25	€ 8,35
Staffaggio	€ 1,22	€ 1,56	€ 1,80	€ 2,52	€ 3,20	€ 4,25	€ 6,02
Manodopera (30' a raccordo, 30€/h)	€ 3,75	€ 3,75	€ 3,75	€ 3,75	€ 3,75	€ 3,75	€ 3,75
Costo totale €/metro	€ 14,64	€ 16,57	€ 18,23	€ 22,34	€ 27,60	€ 35,51	€ 48,02

Per il calcolo della manodopera della tubazione scanalata tipo Victaulic è stata fatta una considerazione sul tempo medio di esecuzione delle operazioni necessarie per un raccordo, preparazione dei tubi tramite scanalatura e giunzione, che risulta di circa 30 minuti. Per un'azienda l'impiego di un operaio viene valutato a 30 €/h, di conseguenza si calcola il costo del raccordo specifico e al metro di tubazione con un'incidenza di un raccordo ogni 4 metri.

4.2.1. Riepilogo costi fornitura e posa

Si esegue di seguito un'analisi sui costi di fornitura e posa delle principali tecnologie impiegate negli impianti di distribuzione dell'acqua per uso sanitario e per climatizzazione.

Tabella 4.13 Costi fornitura e posa delle principali tecnologie

Costo totale €/metro										
Materiale\Dimensione	DIAM. 3/8"	DIAM. 1/2"	DIAM. 3/4"	DIAM. 1"	DIAM. 1"1/4	DIAM. 1"1/2	DIAM. 2"	DIAM. 2"1/2	DIAM. 3"	DIAM. 4"
TUBAZIONI NERE IN TUBO F.M. NERO LISCIO	12,49	13,25	13,70	22,97	24,49	25,56	28,75	40,29	45,00	52,90
TUBAZIONI IN TUBO ZINCATO	10,95	12,51	14,08	20,72	26,20	30,11	41,45	52,79	69,60	99,71
Dimensione		DIAM. 20	DIAM. 25	DIAM. 32	DIAM. 40	DIAM. 50	DIAM. 63	DIAM. 75	DIAM. 90	
TUBAZIONE IN TUBO FUSIOTHERM PP		8,61	11,33	13,89	21,13	35,48	51,85	83,31	140,35	
TUBAZIONE MULTISTRATO NUDO		11,08	16,11	21,70	40,36	63,25				
Dimensione				DIAM. 25	DIAM. 32	DIAM. 40	DIAM. 50	DIAM. 65	DIAM. 80	DIAM. 100
TUBAZIONE SCANALATA VICTAULIC				14,64	16,57	18,23	22,34	27,60	35,51	48,02
Dimensione		DIAM. 18	DIAM. 22	DIAM. 28	DIAM. 35	DIAM. 42	DIAM. 54			
TUBAZIONE PRESSFITTING ACC. INOX		19,20	23,87	29,87	43,89	57,82	73,10			
TUBAZIONE PRESSFITTING RAME		20,92	27,65	36,04	53,29	65,72	86,78			

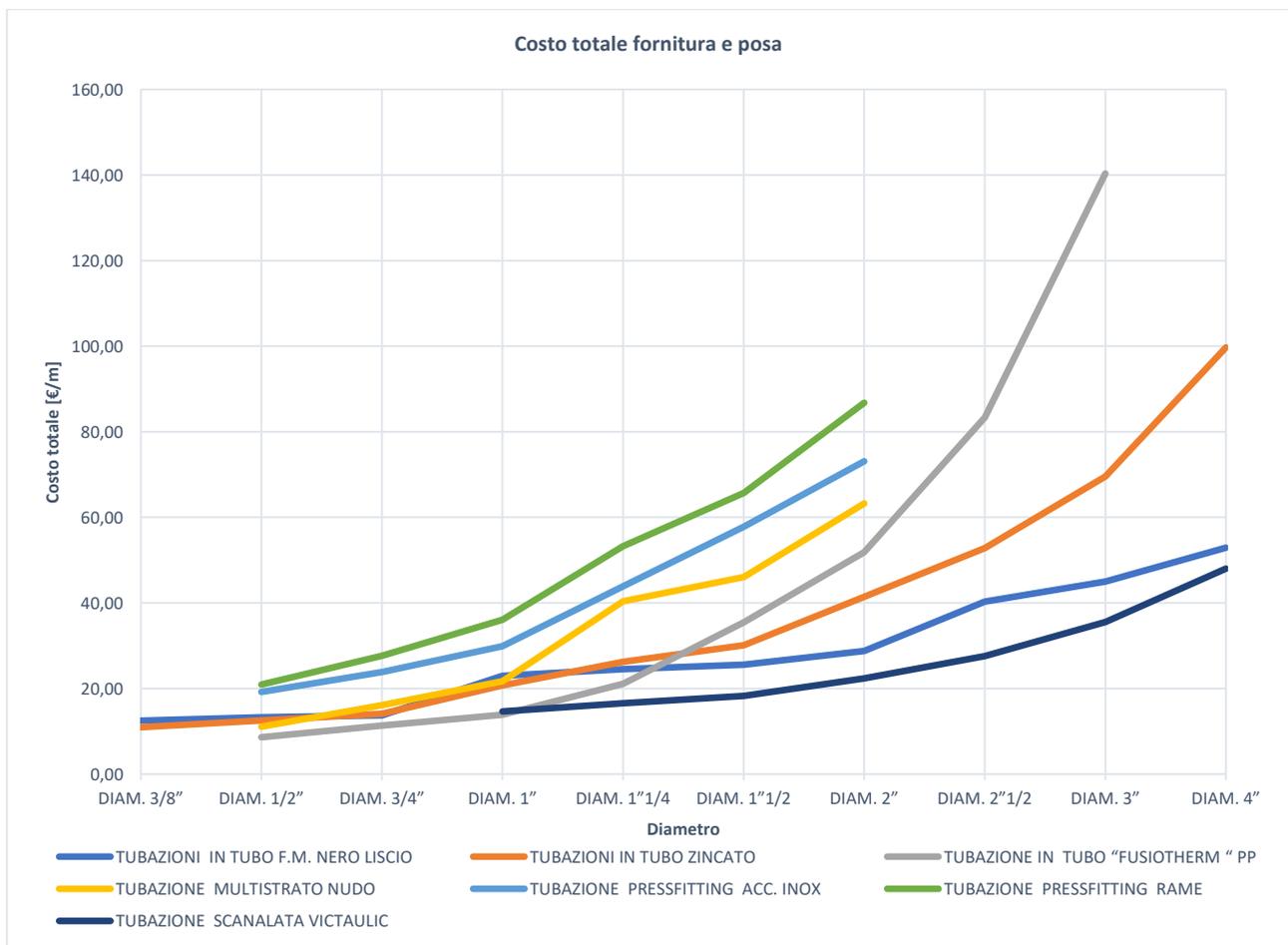


Figura 4.10 Costo fornitura e posa principali tecnologie

In Figura 4.10 si possono osservare gli andamenti dei costi sopracitati. I materiali più costosi risultano l'acciaio inox e il rame, si distinguono soprattutto per il fatto che presentano costi più alti già dai piccoli diametri, mentre gli altri materiali per i diametri piccoli hanno costi tutto sommato confrontabili. Per i diametri medio grandi invece i prezzi hanno andamenti diversi. Il multistrato risulta il terzo più costoso. Il polipropilene è il meno costoso per i diametri piccoli mentre, oltre il 2" dove la tecnologia a pressare non mette piede, risulta il più costoso. Nella parte bassa del grafico troviamo il tubo zincato con un aumento meno repentino del

polipropilene, seguito dal tubo nero a saldare. A chiudere troviamo il tubo in acciaio scanalato con raccordi di tipo Victaulic.

È interessante notare l'influenza del prezzo del materiale sul prezzo totale. Infatti, inox e rame sono risultati i più costosi anche per la sola fornitura. Così come l'acciaio nero e quello zincato presentano i prezzi di fornitura più contenuti. Un'analisi specifica sul polipropilene potrebbe portare i costi di quest'ultimo ad abbassarsi in vista del grande contributo che ha la raccorderia sul costo totale, specialmente per i diametri grandi.

L'andamento dei prezzi dà anche un'indicazione indiretta sui tempi di montaggio. Inox, rame e multistrato risultano i più costosi ma allo stesso tempo la tecnologia a pressare li rende i più rapidi per la posa. Segue il polipropilene con la saldatura per polifusione, anch'essa molto veloce. Il tubo zincato a filettare risulta avere tempistiche maggiori, con a favore il basso costo, mentre la saldatura dell'acciaio nero è la tecnologia più dispendiosa dal punto di vista dei tempi di installazione. La tecnologia Victaulic, contando il solo montaggio dei raccordi si posizionerebbe anch'essa tra i più veloci, la necessità di scanalare il tubo però la rallenta l'intera operazione.

4.2.2. Isolante fornito e posato

Isolante per tubazione, categoria A spessore 1, costituito da tubi flessibili lunghi 2000 mm in materiale sintetico a cellule chiuse, conducibilità a 40°C non superiore a 0.042W/mK, classe 1 di reazione al fuoco, campo d'impiego da -40 a +105°C, resistenza alla diffusione del vapore 1600, per isolamento tubazioni/collettori o tubazioni non rettilinee posate in locali non riscaldati, compresa incidenza delle curve, del taglio longitudinale del tubo isolante, applicazione collante, operazioni finitura, escluse opere murarie:

Tabella 4.14 Costo fornitura e posa isolante spessore categoria A

	€/m.	Mano d'opera	Totale
spess. 20 diam. Int. 15 mm	€ 3,52	€ 2,50	€ 6,02
spess. 20 diam. Int. 18 mm	€ 3,78	€ 2,50	€ 6,28
spess. 30 diam. Int. 22 mm	€ 10,15	€ 2,50	€ 12,65
spess. 30 diam. Int. 28 mm	€ 11,30	€ 2,50	€ 13,80
spess. 30 diam. Int. 35 mm	€ 12,70	€ 2,50	€ 15,20
spess. 40 diam. Int. 42 mm	€ 21,30	€ 3,50	€ 24,80
spess. 40 diam. Int. 48 mm	€ 22,20	€ 3,50	€ 25,70
spess. 50 diam. Int. 60 mm	€ 31,80	€ 4,50	€ 36,30
spess. 50 diam. Int. 76 mm	€ 37,50	€ 4,50	€ 42,00
spess. 55 diam. Int. 90 mm	€ 42,70	€ 4,50	€ 47,20
spess. 60 diam. Int. 114 mm	€ 67,25	€ 5,50	€ 72,75

Isolante per tubazione, categoria B spessore x 0,5, costituito da tubi flessibili lunghi 2000 mm in materiale sintetico a cellule chiuse, conducibilità a 40°C non superiore a 0.042W/mK, classe 1 di reazione al fuoco, campo d'impiego da -40 a +105°C, resistenza alla diffusione del vapore 1600, per isolamento tubazioni/collettori o tubazioni non rettilinee posate in locali non riscaldati, compresa incidenza delle curve, del taglio longitudinale del tubo isolante, applicazione collante, operazioni finitura, escluse opere murarie:

Tabella 4.15 Costo fornitura e posa isolante spessore categoria B

	€/m	Mano d'opera	Totale
spess. 10 diam. Int. 15 mm	€ 1,80	€ 2,50	€ 4,30
spess. 10 diam. Int. 18 mm	€ 1,90	€ 2,50	€ 4,40
spess. 15 diam. Int. 22 mm	€ 2,00	€ 2,50	€ 4,50
spess. 15 diam. Int. 28 mm	€ 2,40	€ 2,50	€ 4,90
spess. 15 diam. Int. 35 mm	€ 2,85	€ 2,50	€ 5,35
spess. 20 diam. Int. 42 mm	€ 7,30	€ 3,00	€ 10,30
spess. 20 diam. Int. 48 mm	€ 8,20	€ 3,00	€ 11,20
spess. 20 diam. Int. 60 mm	€ 10,00	€ 3,00	€ 13,00
spess. 25 diam. Int. 76 mm	€ 19,80	€ 4,00	€ 23,80
spess. 30 diam. Int. 90 mm	€ 28,50	€ 4,00	€ 32,50
spess. 30 diam. Int. 114 mm	€ 40,80	€ 4,50	€ 45,30

Rivestimento esterno con foglio di laminato plastico auto avvolgente per finitura isolamento tubazioni, compresi collari, incidenza delle curve, con esclusione degli oneri per la sicurezza:

Tabella 4.16 Costo fornitura e posa rivestimento isolante

	€/mq	Mano d'opera	Totale
Costo al metro quadro	€ 6,00	€ 12,00	€ 18,00

4.3. Confronto costi catalogo e costi installatore

Si esegue uno studio per confrontare e per cercare di spiegare differenze tra i prezzi di fornitura da catalogo e i prezzi di fornitura dell'installatore. La tabella che segue raccoglie alcuni dei materiali visti in precedenza riportando in sequenza il costo da catalogo, il costo fornito dall'installatore, la differenza percentuale e la media su quest'ultimo dato.

Tabella 4.17 Differenza tra costi da catalogo e costi installatore

Differenza tra costi da catalogo e costi installatore										
	DIAM. 1/2"	DIAM. 3/4"	DIAM. 1"	DIAM. 1"1/4	DIAM. 1"1/2	DIAM. 2"	DIAM. 2"1/2	DIAM. 3"	DIAM. 4"	
ACCIAIO ZINCATO FILETTATO	5,46	6,41	8,35	10,27	11,62	16,44	20,99	27,26	39,68	
TUBAZIONI IN TUBO ZINCATO	3,2	3,6	5,3	6,7	7,7	10,6	13,5	17,8	25,5	
Differenza percentuale	41%	44%	37%	35%	34%	36%	36%	35%	36%	Media 37%
ACCIAIO INOX PRESSATO	8,89	14,09	17,78	26,86	32,1	41,24				
TUBAZIONE PRESSFITTING ACC. INOX	6,84	9,24	11,52	16,88	20,8	26,8				
Differenza percentuale	23%	34%	35%	37%	35%	35%				Media 33%
RAME	5,24	10,92	14,23	19,07	22,92	44,04				
TUBAZIONE PRESSFITTING RAME	6,72	8,4	10,72	14,36	17,2	32,8				
Differenza percentuale	-	23%	25%	25%	25%	26%				Media 25%
MULTISTRATO	1,3	2,78	4,36	9,83	14,7	20,35				
TUBAZIONE MULTISTRATO NUDO	1,34	2	3,3	6,95	9,7	21,6				
Differenza percentuale	-	28%	24%	29%	34%	-				Media 29%

Si nota un numero molto limitato di volte in cui i prezzi si eguagliano o nel caso la differenza percentuale risulti negativa, questi casi sparsi si tralasciano prendendo come rappresentativi il resto.

Le differenze percentuali tra i costi vedono valori che variano tra il 23% e il 44%, le medie dei dati calcolati hanno valori compresi tra 25% e 37%. I rivenditori sono soliti effettuare sconti sui prezzi di fornitura di tubi, raccordi e altri materiali necessari. Vengono proposte ed effettuate riduzioni sul costo con valori che vanno da 30% fino a 45% in alcuni casi.

La differenza tra i prezzi è così spiegata, si nota infatti come i valori percentuali siano confrontabili con gli sconti proposti dai rivenditori.

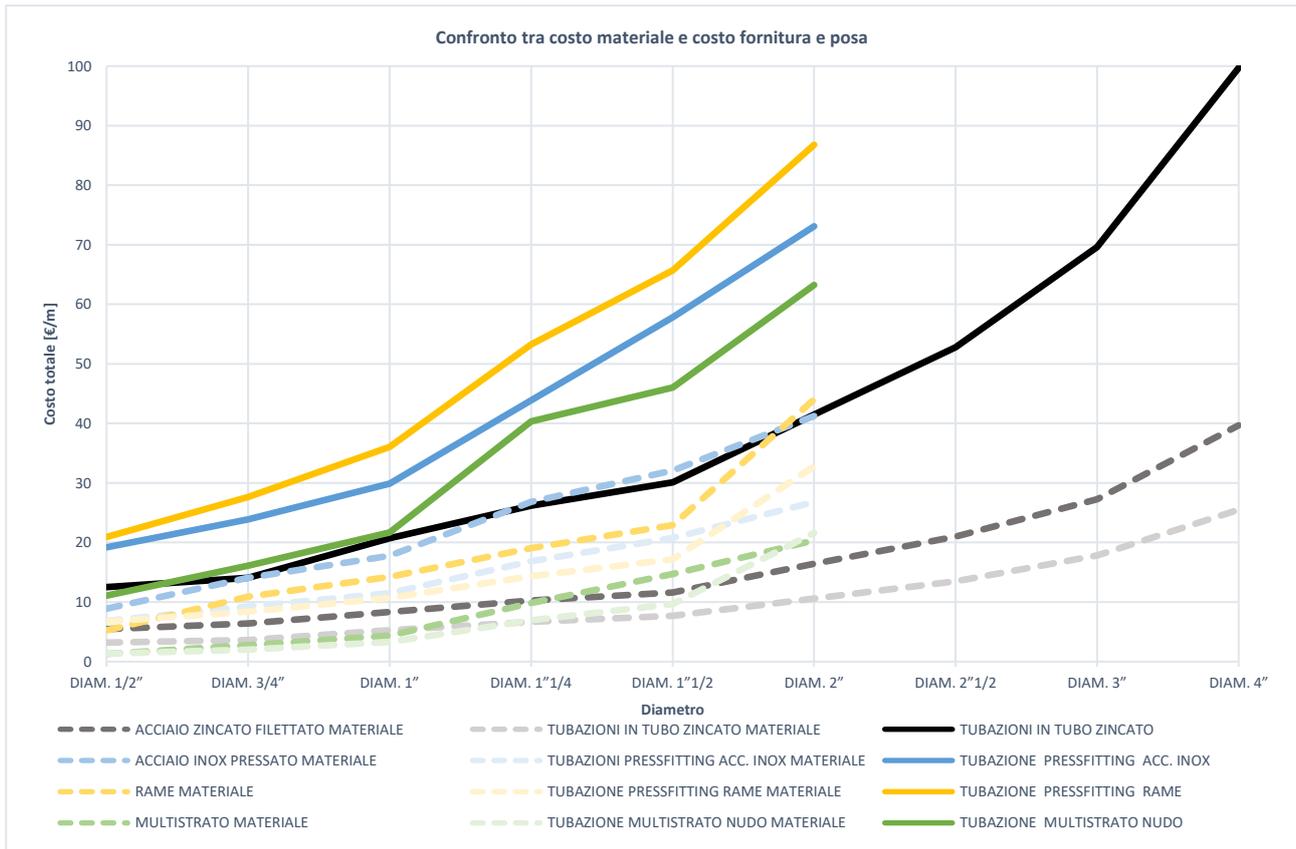


Figura 4.11 Confronto costi materiale e costi fornitura e posa

La Figura 4.11 mostra e mette in evidenza, in aggiunta ai dati inseriti in Tabella 4.17, anche il costo totale di fornitura e posa. I dati sono inseriti nel seguente modo: linea tratteggiata chiara per i costi del solo materiale fornito dall'installatore, linea tratteggiata scura per i costi del solo materiale da catalogo, linea continua per i costi di fornitura e posa.

Dal grafico soprastante si nota che le due categorie di costi di sola fornitura, seppur ricavate in modo diverso, presentino tendenze molto simili. Si può anche vedere anche come l'andamento dei costi totali sia influenzato dall'andamento dei costi di sola fornitura delle tubazioni. Questo è spiegato dal fatto che i costi necessari a comporre il costo totale sono ricavati in percentuale dal costo della tubazione stessa.

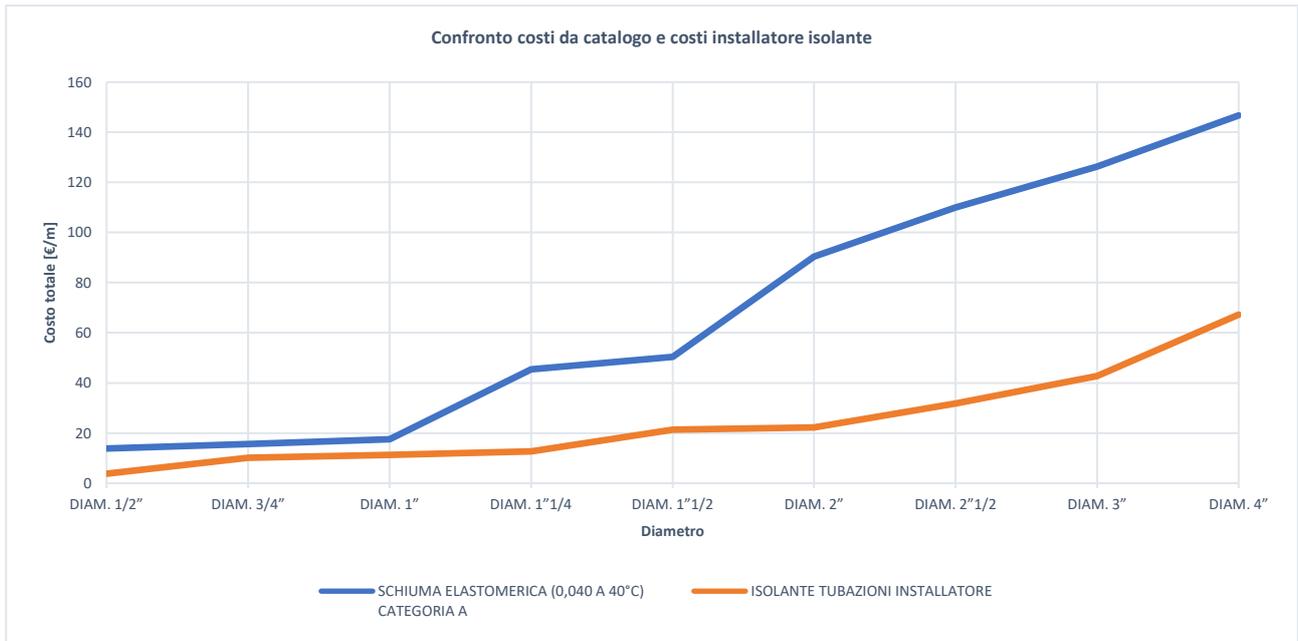


Figura 4.12 Confronto costi isolante da catalogo e da installatore

In questo caso i costi dell'isolante da catalogo risultano più alti, in proporzione con le tubazioni, rispetto ai costi previsti dalla ditta installatrice. Infatti, le differenze percentuali di costo oscillano tra 35% e 75%, in media i costi forniti da I.S.E. risultano ridotte di 60% rispetto ai prezzi del catalogo.

4.4. Confronto con tubazione preisolata

Le tubazioni preisolate non sono una tecnologia nuova, esse infatti si possono trovare e sono installate già da anni. Un aspetto nuovo che potrebbe risultare interessante è quello di usare le tubazioni preisolate nella distribuzione e nelle colonne montanti nell'impiantistica civile. Soluzione che farebbe risparmiare tempo, e di conseguenza denaro.

Attualmente le tubazioni preisolate che più si avvicinano a quelle richieste negli impianti di distribuzione dell'acqua sono le tubazioni usate per la distribuzione interrata. Presentano spessori degli isolanti simili a quelli necessari da installare e si prendono come rappresentativi del costo di un'eventuale tubazione adatta alle colonne montanti.

La tubazione in esame è la *iso-technik FIBER-T SDR 7,4* [12], una tubazione preisolata per il trasporto di acqua calda e fredda, potabile e non potabile, per impianti sanitari ad alta temperatura formata dal tubo in polipropilene fibrorinforzato, preisolato con schiuma in poliuretano espanso, protetto da un tubo in polietilene ad alta densità di colore nero.

La tabella che segue mostra il costo della tubazione in polipropilene preisolato e lo confronta con i costi del polipropilene e dell'isolante compreso di rivestimento contati separatamente, con un calcolo della differenza tra i due per un possibile margine per la manodopera, in aggiunta si confronta anche con il costo del tubo in polipropilene con isolante e rivestimento fornito e posato.

Tabella 4.18 Confronto tra tubazione preisolata e materiali separati

Confronto tubazione preisolata con tubazione separata + isolamento e con isolamento fornito e posato [€/m]								
TIPOLOGIA TUBAZIONE	3/4"	1"	1"1/4	1"1/2	2"	2"1/2	3"	4"
POLIPROPILENE PREISOLATO	45,31	52,33	56,54	64,23	73,81	91,97	116,00	142,40
Spessore isolante	26,00	32,00	27,00	28,00	29,50	32,00	41,80	46,60
POLIPROPILENE	4,65	7,39	11,58	17,97	25,45	36,16	54,27	63,39
SCHIUMA ELASTOMERICA (0,040 A 40°C) CATEGORIA A + Riv	16,35	18,49	46,64	51,71	92,06	112,15	128,71	149,87
Spessore isolante	32,00	32,00	32,00	40,00	40,00	50,00	55,00	60,00
SOMMA MATERIALI SEPARATI	21,00	25,88	58,22	69,68	117,51	148,31	182,98	213,26
Margine per manodopera	24,31	26,45	-1,68	-5,45	-43,70	-56,34	-66,98	-70,86
Isolante + Riv fornito e posato	15,29	17,07	27,18	28,40	39,67	46,25	52,17	79,14
Spessore isolante	30,00	30,00	40,00	40,00	50,00	50,00	55,00	60,00
SOMMA TUBO + ISOLANTE POSATO	19,94	24,46	38,76	46,37	65,12	82,41	106,44	142,53
Differenza PP preisol e tubo + isolante posato	25,37	27,87	17,78	17,86	8,69	9,56	9,56	-0,13

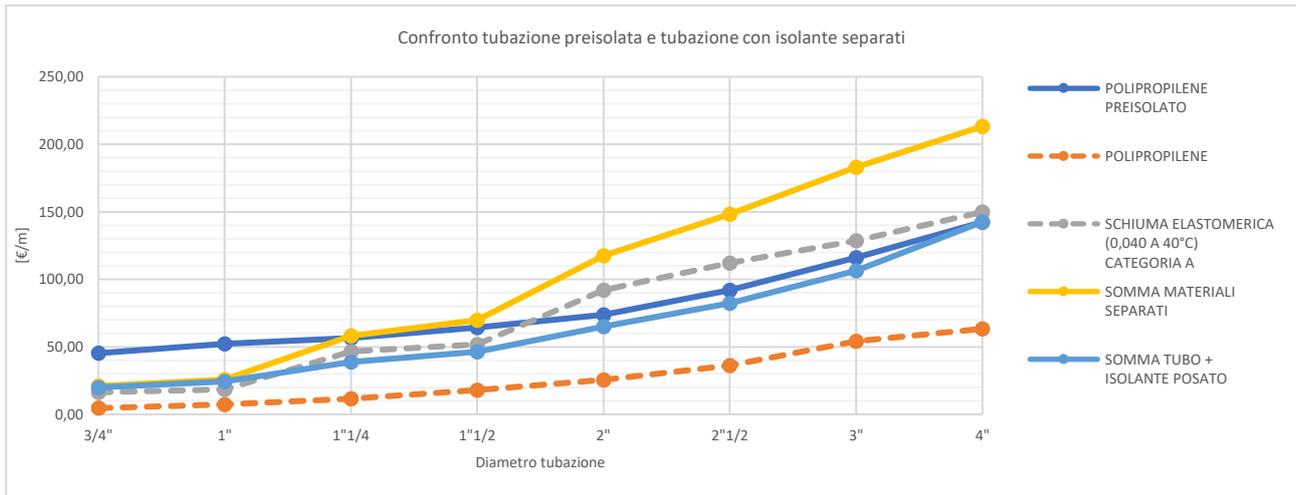


Figura 4.13 Confronto tra tubazione preisolata e materiali separati

Dalla Figura 4.13 si nota subito come il polipropilene preisolato non risulti il più costoso rispetto agli altri dati rappresentati. La somma di polipropilene e isolante elastomerico rivestito, linea gialla in figura, risulta molto discostata dalla preisolata, specialmente per i grandi diametri la differenza di costo tra le due tecnologie è molto grande oltretutto non tiene conto della manodopera. Da questo punto di vista, la tubazione preisolata risulta molto conveniente in quanto il costo dell'isolante, da catalogo risulta elevato.

Dal confronto, più realistico rispetto al caso precedente, con la somma tra tubo solo fornito e isolante fornito e posato, operazioni che risultano nell'equivalente della tubazione preisolata, deriva un risultato interessante. I costi infatti sono comparabili per i grandi diametri, mentre per i piccoli diametri, il costo di tubazione separata isolata in seguito lascia un certo margine alla manodopera, ultima riga della Tabella 4.18. Utile però mettere in evidenza il fatto che l'isolamento della tubazione, che compreso di manodopera diventa costosa tanto quanto la tubazione preisolata, necessità tempo che potrebbe essere risparmiato.

4.5. Applicazione a caso studio

Si applicano i costi di fornitura e i costi di fornitura e posa alle quantità estrapolate da un progetto realistico di un edificio composto da 68 alloggi. Per la realizzazione dell'impianto sono necessari i quantitativi di tubazione riportati nella tabella che segue.

Tabella 4.19 Quantità necessarie per la realizzazione degli impianti in un edificio reale

Tubi di distribuzione climatizzazione coibentati \varnothing		3/4"	1"	1" 1/4	1" 1/2	2"
[m]		19,8	13,2	13,2	39,6	126,2
Tubi di distribuzione sanitaria coibentati \varnothing	16	3/4"	1"	1" 1/4	1" 1/2	2"
[m]	185	13,2	13,2	6,6	33	146

4.5.1. Solo fornitura climatizzazione

Analisi costi di sola fornitura di tubazioni e raccordi per la climatizzazione. Si considerano solo alcuni dei materiali disponibili in quanto per la climatizzazione i requisiti sono meno stringenti e i costi risultano più contenuti rispetto ai materiali dell'acqua calda sanitaria. Sono presenti le tecnologie ancora poco usate e per le quali vale la pena fare considerazioni.

Tabella 4.20 Costo fornitura tubi climatizzazione

Costo tubazioni climatizzazione						
\varnothing	3/4"	1"	1" 1/4	1" 1/2	2"	
Lunghezza [m]	19,8	13,2	13,2	39,6	126,2	
Materiali	Costo					Totale
POLIPROPILENE	€ 92,07	€ 97,55	€ 152,86	€ 711,61	€ 3.211,79	€ 4.265,88
MULTISTRATO	€ 55,04	€ 57,55	€ 129,76	€ 582,12	€ 2.568,17	€ 3.392,64
ACCIAIO ZINCATO FILETTATO	€ 126,92	€ 110,22	€ 135,56	€ 460,15	€ 2.074,73	€ 2.907,58
VITAU LIC ACCIAIO	€ 122,56	€ 81,71	€ 102,70	€ 355,61	€ 1.539,64	€ 2.202,21
ACCIAIO PRESSFITTING	€ 86,92	€ 75,90	€ 97,02	€ 340,96	€ 1.510,61	€ 2.111,41
SCHIUMA ELASTOMERICA CATEGORIA A	€ 257,99	€ 231,79	€ 600,07	€ 1.994,65	€ 11.407,22	€ 14.491,73
POLIPROPILENE PREISOLATO	€ 897,14	€ 690,76	€ 746,33	€ 2.543,51	€ 9.314,82	€ 14.192,55

È stato eseguito il calcolo anche per la quantità di isolante richiesta, ricordando che la climatizzazione necessita di isolante che rispetti gli spessori della Categoria A del D.P.R.412. Il costo di fornitura del solo isolante è di circa 14.500€. Confrontato con la tubazione in polipropilene preisolato, il cui costo complessivo è di 14.200€, quest'ultima è da preferirsi a qualsiasi tubazione presa a parte con isolante posato in seguito, risultato ottenuto già nel paragrafo 4.4.

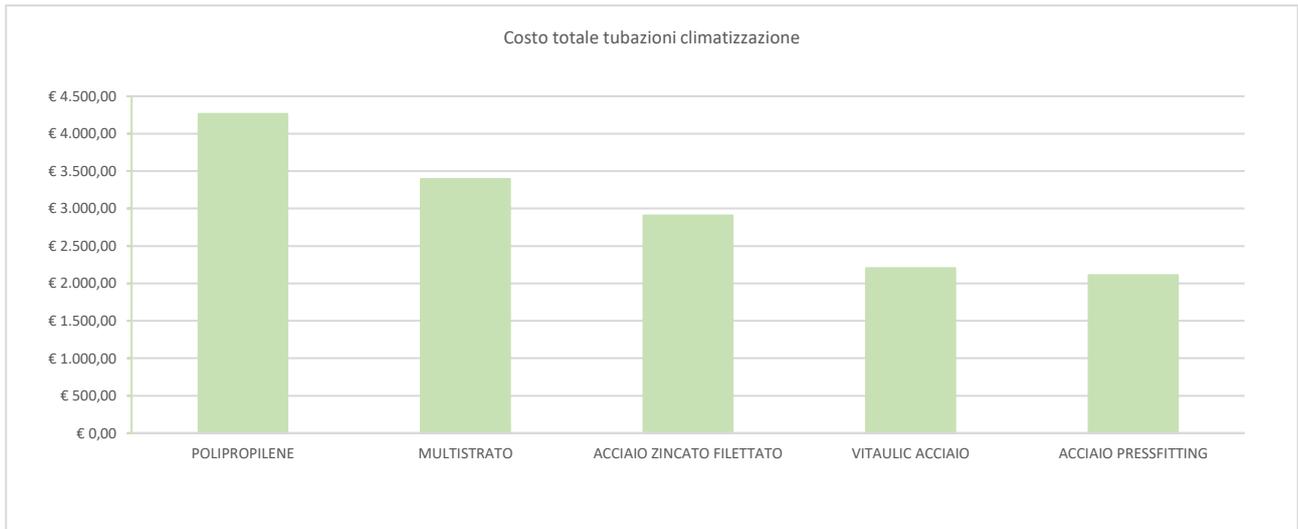


Figura 4.14 Costi fornitura tubi climatizzazione

Le tecnologie analizzate presentano i costi di fornitura delle tubazioni per l’impianto di distribuzione dell’acqua per climatizzazione raffigurati in Figura 4.14, derivante dalla Tabella 4.20. Si nota come la grande differenza sia fatta dal costo delle tubazioni da 2” in quanto, oltre al loro maggior costo dovuto al diametro, rappresentano la maggior lunghezza da coprire. L’acciaio risulta il meno costoso, a partire dalla tecnologia a pressare con costo di circa 2100€, poi con i giunti di tipo scanalato circa 2200€ e per seguire l’acciaio zincato filettato circa 2900€. Le tubazioni plastiche presentano costi leggermente maggiori con i 3400€ del multistrato e i 4300€ del polipropilene.

Di seguito si analizzano i costi divisi per diametro.

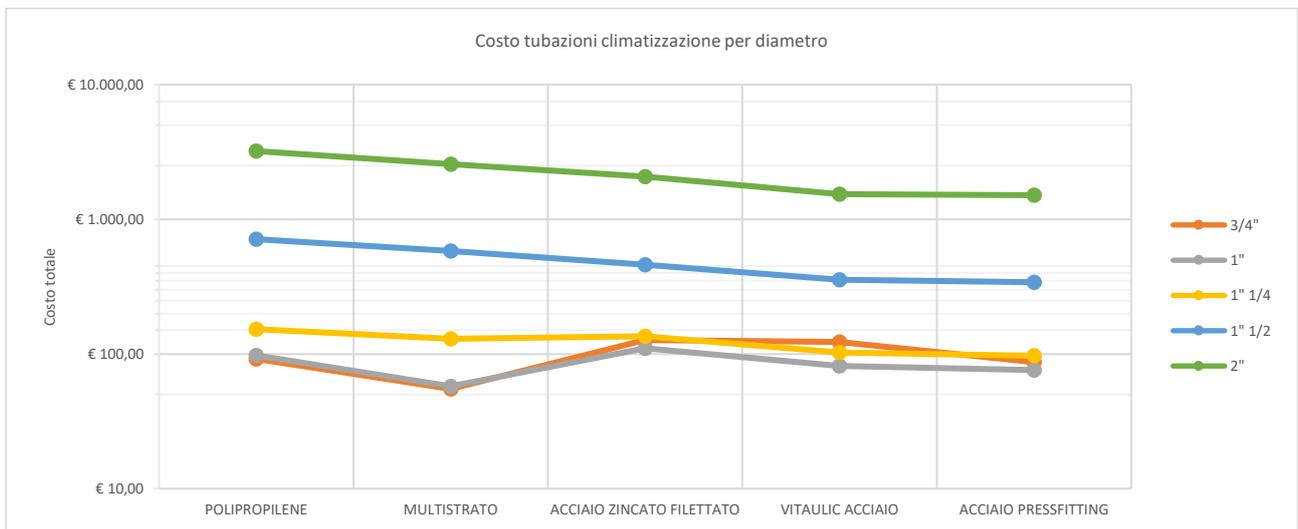


Figura 4.15 Costo fornitura tubazioni climatizzazione divise per diametro

Come si è già fatto notare sopra, i costi maggiori li ricoprono i diametri più grandi, il grafico di sopra, semilogaritmico, ci conferma l’ordine visto nella Figura 4.14 per i diametri di 2”, 1”1/2 e 1”1/4. I diametri più piccoli presentano costi non più in linea con il discorso eseguito sopra. Si nota come multistrato e polipropilene in questo caso non presentino più il costo maggiore, ma risultino confrontabili con l’acciaio a pressare, quindi economicamente più vantaggiose dell’acciaio zincato e dell’acciaio scanalato.

Tabella 4.21 Costo fornitura raccorderia climatizzazione

Costo raccorderia climatizzazione (ogni 4 m)						
Ø	3/4"	1"	1" 1/4	1" 1/2	2"	
Quantità	5	4	4	10	32	
Materiali	Costo					Totale
POLIPROPILENE	€ 4,60	€ 5,84	€ 10,76	€ 52,00	€ 242,88	€ 316,08
MULTISTRATO	€ 25,80	€ 29,44	€ 69,40	€ 288,50	€ 1.509,44	€ 1.922,58
ACCIAIO ZINCATO FILETTATO	€ 7,80	€ 9,16	€ 17,60	€ 70,50	€ 266,56	€ 371,62
VITAULIC ACCIAIO	€ 69,50	€ 55,60	€ 55,60	€ 148,00	€ 518,40	€ 847,10
ACCIAIO PRESSFITTING	€ 20,50	€ 22,44	€ 48,52	€ 200,60	€ 763,84	€ 1.055,90

I raccordi sono calcolati con un'incidenza media di uno ogni 4 metri di tubazione.

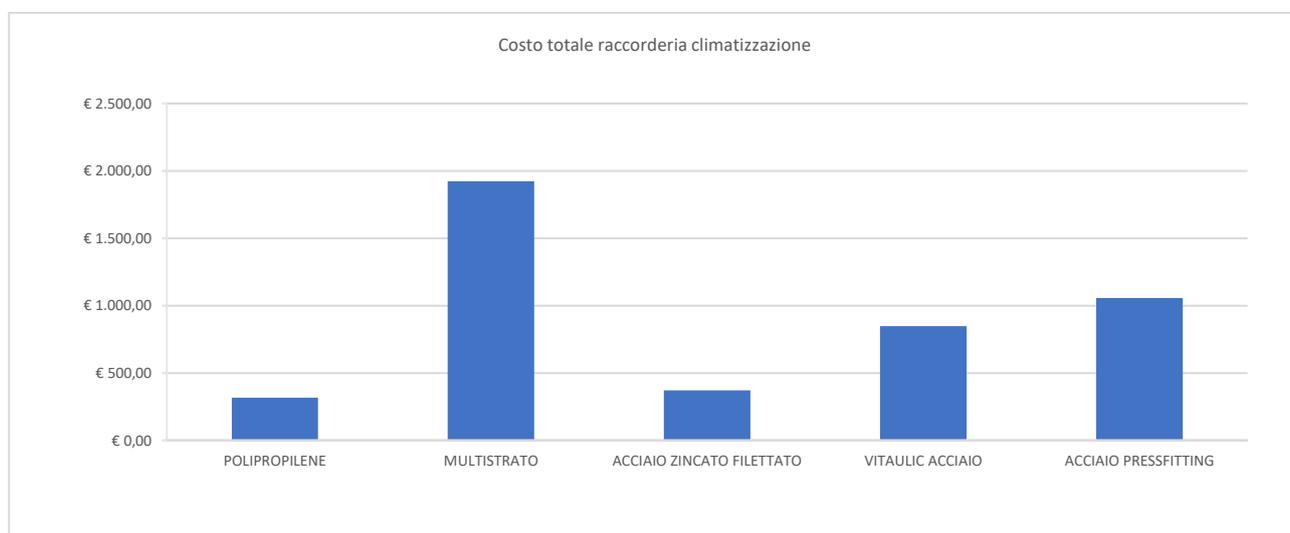


Figura 4.16 Costo fornitura raccorderia climatizzazione

I costi di fornitura dei raccordi presentano andamenti diversi rispetto alle relative tubazioni. Il prezzo più alto si attribuisce al multistrato a pressare che sfiora i 2000€. A seguire la tecnologia a pressare dell'acciaio con un costo di 1000€. I giunti di tipo Victaulic circa 850€. I meno costosi risultano l'acciaio zincato con i raccordi a filettare per un totale di circa 370€ e il polipropilene con la giunzione per saldatura a bicchiere con 320€. Ricordiamo in questo caso i bassi tempi necessarie per la realizzazione dei giunti a pressare e a saldare tramite polifusione.

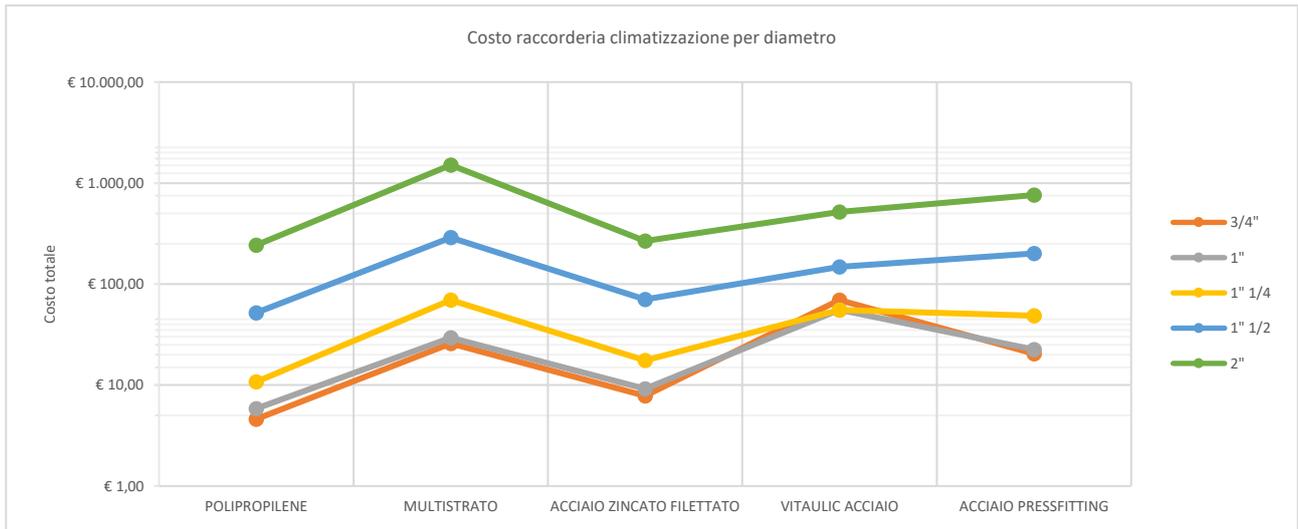


Figura 4.17 Costo fornitura raccordi climatizzazione divisi per diametro

Anche in questo caso si sottolinea il peso del costo dei diametri grandi sul totale e il fatto che per essi non sono presenti grossi cambiamenti rispetto al totale di Figura 4.16. I diametri piccoli presentano andamenti leggermente diversi, per il 3/4" e per 1" il multistrato ha costi confrontabili con quelli di acciaio a pressare e Victaulic, mentre rimangono sempre contenuti quelli di acciaio zincato e polipropilene.

Sommando i costi di tubazione e raccorderia si trova un dato indicativo del costo di sola fornitura totale riassunto nella Tabella 4.22 e riportato graficamente in Figura 4.18.

Tabella 4.22 Costo totale fornitura climatizzazione

Materiali	Totale distribuzione
POLIPROPILENE	€ 4.581,96
MULTISTRATO	€ 5.315,22
ACCIAIO ZINCATO FILETTATO	€ 3.279,20
VITAU LIC ACCIAIO	€ 3.049,31
ACCIAIO PRESSFITTING	€ 3.167,31



Figura 4.18 Costo totale fornitura climatizzazione

Con il contributo della raccorderia cambia la classifica, il multistrato vede aumentare i suoi costi drasticamente rispetto alle altre tecnologie portandosi nella posizione di più costoso con circa 5300€. Segue il polipropilene con circa 4600€ e, compresi tra 3000€ e 3300€, troviamo acciaio zincato, acciaio Victaulic e acciaio a pressare.

4.5.2. Solo fornitura ACS/AFS

Lo stesso procedimento è stato applicato per ricavare i costi di fornitura dei tubi per l'acqua sanitaria calda e fredda, tenendo conto del fatto che le acque destinate al consumo umano sono soggette a disposizioni, norme e linee guida per le quali si rimanda al paragrafo 1.1, e del fatto che 50% della tubazione è destinata ad acqua fredda quindi necessità di un isolamento con spessore relativo alla Categoria C del D.P.R. 412.

Tabella 4.23 Costo fornitura tubi acqua sanitaria

Costo tubazioni ACS							
Ø	16	3/4"	1"	1" 1/4	1" 1/2	2"	
Lunghezza [m]	185	13,2	13,2	6,6	33	146	
Materiali	Costo						Totale
ACCIAIO INOX FILETTATO	€ 2.329,15	€ 207,37	€ 238,00	€ 148,90	€ 846,12	€ 4.673,46	€ 8.442,99
ACCIAIO INOX PRESSATO	€ 1.644,65	€ 185,99	€ 234,70	€ 177,28	€ 1.059,30	€ 6.021,04	€ 9.322,95
VITAULIC ACCIAIO INOX	€ 1.589,15	€ 137,68	€ 167,11	€ 104,74	€ 596,31	€ 3.257,26	€ 5.852,25
RAME	€ 969,40	€ 144,14	€ 187,84	€ 125,86	€ 756,36	€ 6.429,84	€ 8.613,44
MULTISTRATO	€ 240,50	€ 36,70	€ 57,55	€ 64,88	€ 485,10	€ 2.971,10	€ 3.855,83
POLIETILENE	€ 771,45	€ 79,86	€ 172,92	€ 104,81	€ 984,39	€ 6.096,96	€ 8.210,39
POLIPROPILENE	€ 525,40	€ 61,38	€ 97,55	€ 76,43	€ 593,01	€ 3.715,70	€ 5.069,47
Isolante parte fredda (50%)	€ 113,78	€ 11,09	€ 11,22	€ 6,86	€ 38,28	€ 221,92	€ 403,15
Isolante parte calda (50%)	€ 1.279,28	€ 107,92	€ 122,03	€ 153,91	€ 853,21	€ 6.720,37	€ 9.236,71
POLIPROPILENE PREISO. (50%)	€ 4.191,18	€ 299,05	€ 345,38	€ 186,58	€ 1.059,80	€ 5.388,13	€ 11.470,11

Il costo di fornitura dell'isolamento in questo caso è ridotto rispetto alla climatizzazione, arrivando a circa 9100€ per l'acqua calda sanitaria. In questo caso il polipropilene preisolato si userebbe per la sola tubazione di acqua calda, per un costo totale di circa 11.500€, anche scegliendo il multistrato per l'acqua calda, che presenta il costo minore, si arriverebbe a circa 11.000€ lasciando pochissimo margine per manodopera e contando il fatto che la posa, per arrivare all'equivalente del preisolato, necessita di tempo.

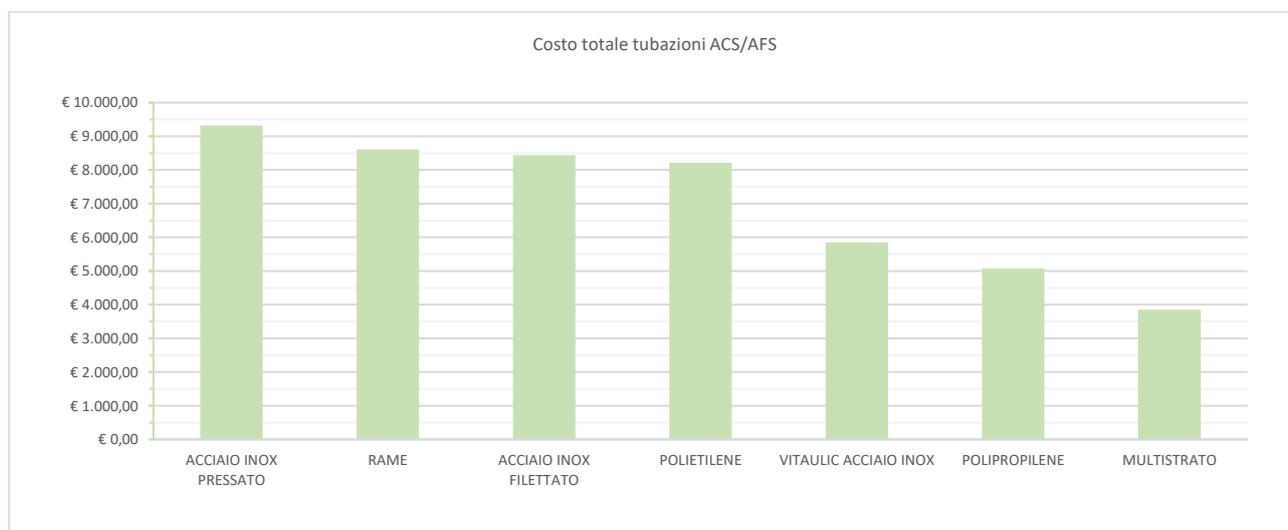


Figura 4.19 Costo fornitura tubi acqua sanitaria

Le tubazioni per l'acqua sanitaria del caso studio preso in esame hanno costi che vanno da circa 3900€ fino ad arriva a quasi 9400€ in funzione del materiale che si vuole adottare. In particolare, il costo maggiore è rappresentato dall'acciaio inox a pressare, seguono il rame con 8600€, l'acciaio inox filettato con 8400€ e il polietilene con 8200€. Tra i più economici invece troviamo l'acciaio inox da scanalare per i giunti Victaulic, circa 5900€, il polipropilene che chiede poco meno di 5100€ e il multistrato con circa 3900€. Interessante notare, attraverso il fatto che il multistrato si colloca tra i più costosi per la climatizzazione, come cambiano le scale di grandezza per l'acqua sanitaria.

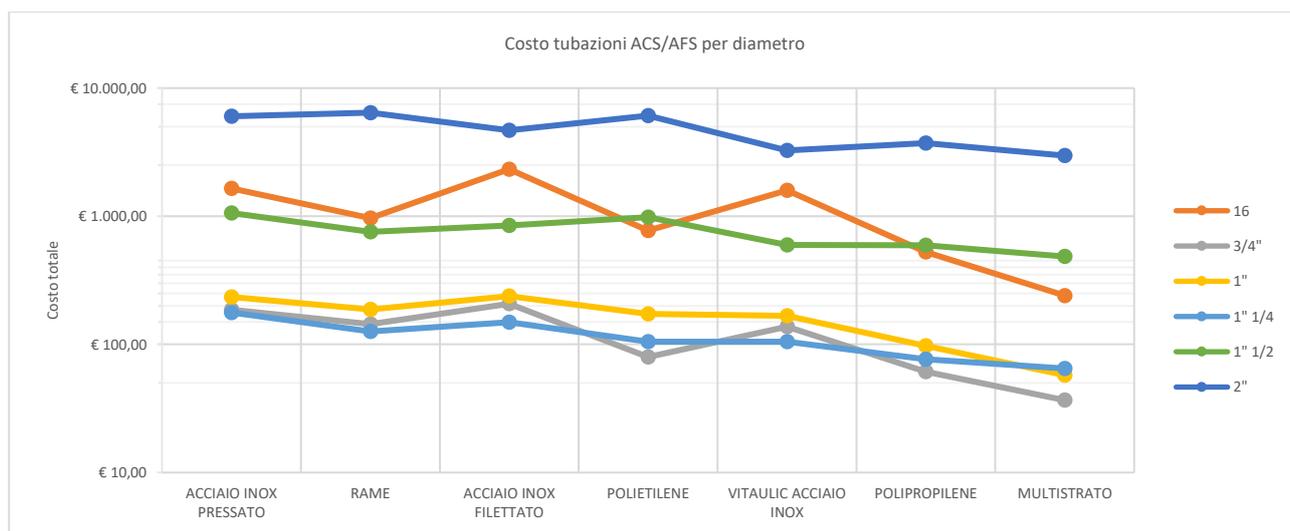


Figura 4.20 Costo fornitura tubazioni acqua sanitaria divise per diametro

Il grande contributo al costo totale è dato anche in questo caso dal diametro maggiore, pur non rappresentando la lunghezza massima, a causa del suo alto costo specifico, ci si ritrova infatti l'andamento del costo totale. Il diametro da 16mm (1/2") presenta il quantitativo maggiore ma i prezzi sono confrontabili con la tubazione da 1"1/2 la cui lunghezza è di quasi un ordine di grandezza inferiore. Lo stesso diametro da 16mm non rivede l'andamento del prezzo totale, in particolare per l'inox filettato, il cui costo è maggiore rispetto all'andamento che ci si aspetterebbe, e per l'inox Victaulic, in questo caso però la spiegazione è data dal fatto che, in mancanza di dati, è stato preso lo stesso costo specifico del diametro da 1". Anche il polipropilene da 3/4" nota un costo leggermente inferiore alle aspettative.

Tabella 4.24 Costo fornitura raccorderia acqua sanitaria

Costo raccorderia ACS (ogni 4 m)							
Ø	16	3/4"	1"	1" 1/4	1" 1/2	2"	
Quantità	47	4	4	2	9	37	
Materiali	Costo						Totale
ACCIAIO INOX FILETTATO	€ 109,98	€ 14,60	€ 22,52	€ 18,34	€ 98,46	€ 688,20	€ 952,10
ACCIAIO INOX PRESSATO	€ 286,70	€ 33,72	€ 44,80	€ 35,12	€ 271,17	€ 1.555,48	€ 2.226,99
VITAU LIC ACCIAIO INOX	€ 653,30	€ 55,60	€ 55,60	€ 27,80	€ 133,20	€ 599,40	€ 1.524,90
RAME PRESSATO	€ 128,31	€ 17,72	€ 32,44	€ 32,58	€ 282,24	€ 1.596,92	€ 2.090,21
MULTISTRATO A PRESSARE	€ 140,53	€ 20,64	€ 29,44	€ 34,70	€ 259,65	€ 1.745,29	€ 2.230,25
PE-Xa	€ 120,32	€ 15,52	€ 28,04	€ 29,40	€ 287,73	€ 2.161,54	€ 2.642,55
POLIPROPILENE	€ 35,25	€ 3,68	€ 5,84	€ 5,38	€ 46,80	€ 280,83	€ 377,78

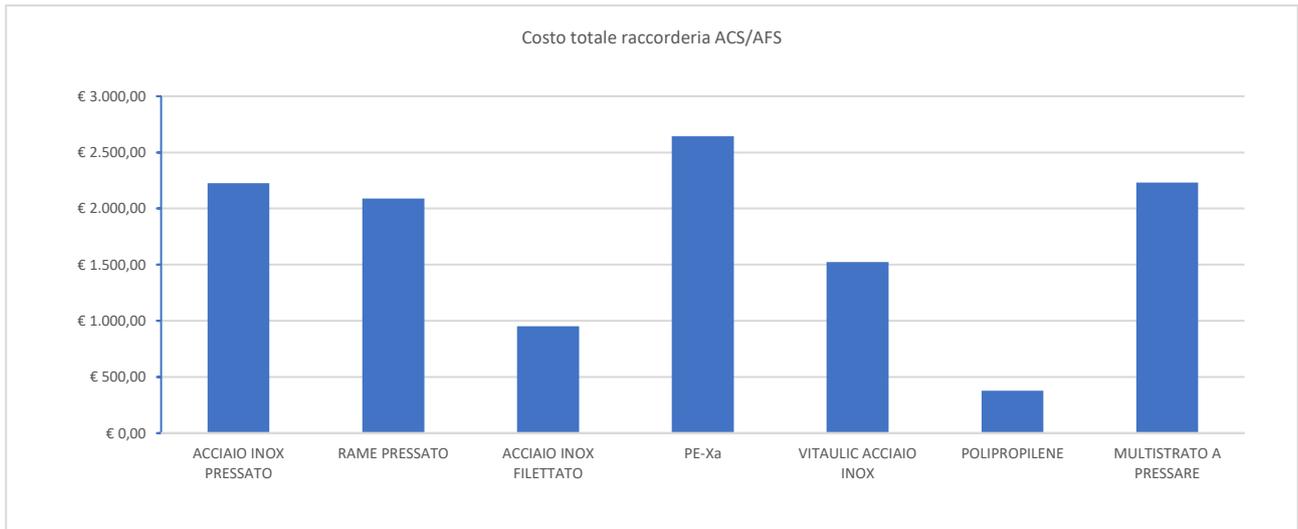


Figura 4.21 Costo fornitura raccorderia acqua sanitaria

Per quanto riguarda i costi di sola fornitura dei raccordi, il comportamento visto in precedenza per le tubazioni non risulta più valido. In questo caso è il polietilene ad avere il costo maggiore, circa 2600€, con la tecnologia Q&E di Uponor. Anche il multistrato, come visto in precedenza per i raccordi della climatizzazione, presenta un costo alto, confrontabile con i circa 2200€ dell'acciaio inox pressfitting e con i 2100€ del rame pressfitting, condividendo la stessa tecnologia. Costi contenuti per l'inox filettato, poco sotto 1000€, e ancor più contenuti per il polipropilene, circa 400€.

Nella figura che segue si possono apprezzare i costi della raccorderia divisa in funzione del diametro.

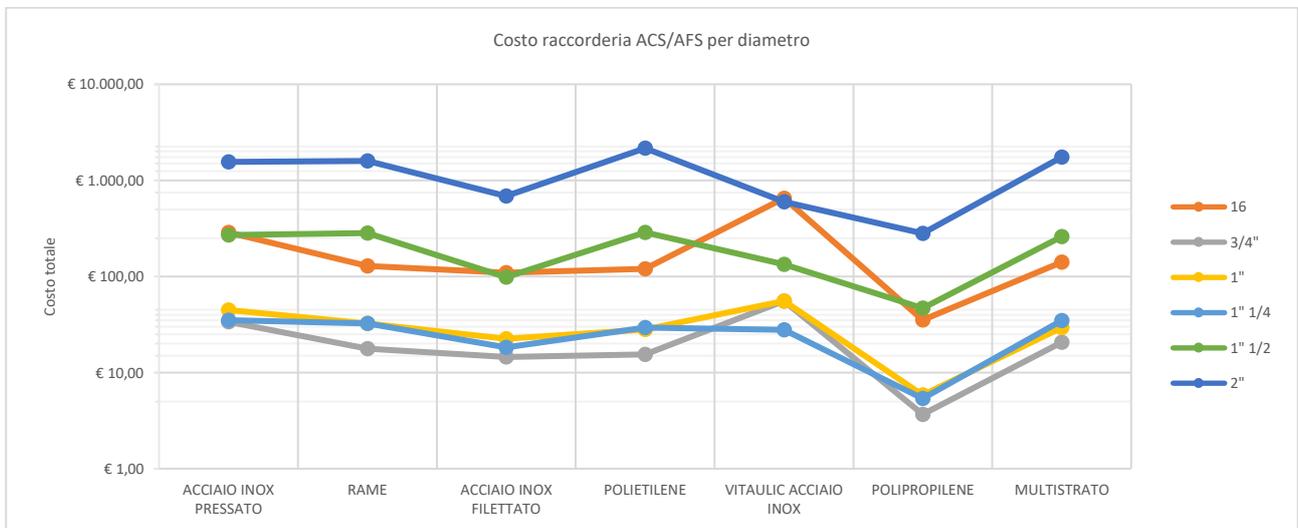


Figura 4.22 Costo fornitura raccordi acqua sanitaria divisi per diametro

Sommando i costi di tubazione e raccorderia si trova un'indicazione del costo di sola fornitura totale per le varie tecnologie analizzate, un riassunto è riportato in Tabella 4.25 e rappresentato in Figura 4.23.

Tabella 4.25 Costo totale fornitura acqua sanitaria

Materiali	Totale ACS
ACCIAIO INOX PRESSATO	€ 11.549,94
RAME	€ 10.703,65
ACCIAIO INOX FILETTATO	€ 9.395,09
POLIETILENE	€ 10.852,94
VITAU LIC ACCIAIO INOX	€ 7.377,15
POLIPROPILENE	€ 5.447,25
MULTISTRATO	€ 6.086,08

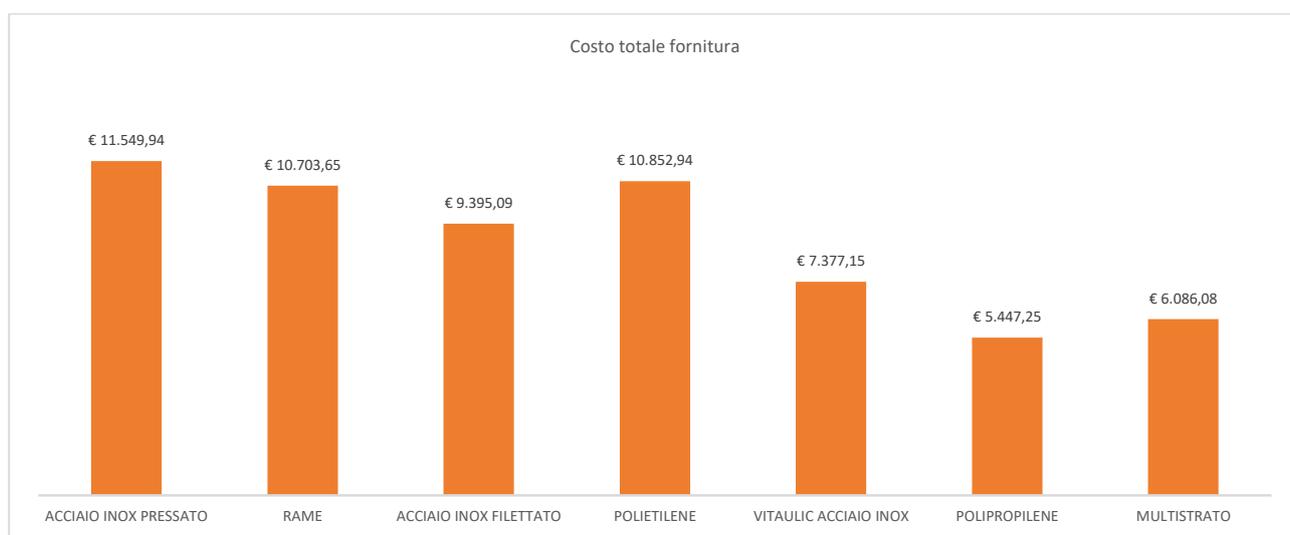


Figura 4.23 Costo totale fornitura acqua sanitaria

Anche in questo caso il contributo della raccorderia cambia le posizioni viste rispetto al solo costo della tubazione, in particolare il costo maggiore è sempre rappresentato dall'inox pressato, circa 11.600€, però il polietilene passa in seconda posizione con 10.900€, a seguire rame pressato con 10.700€, inox filettato con 9400€ e inox Victaulic con 7400€. Si ha un cambiamento anche tra le più economiche, vedendo il multistrato aumentare il suo costo a circa 6100€, lasciando la posizione di meno costoso al polipropilene con 5500€.

4.5.3. Fornitura e posa climatizzazione

Analisi costi di fornitura e posa delle tubazioni per l'acqua per la climatizzazione sulla base dei dati forniti da Insurbia Servizi Energetici. Il confronto avviene tra le tecnologie più usate e altre tecnologie potenzialmente valide.

Tabella 4.26 Costo fornitura e posa tubi climatizzazione

Costo fornitura e posa						
∅	3/4"	1"	1" 1/4	1" 1/2	2"	
Lunghezza [m]	19,8	13,2	13,2	39,6	126,2	
Materiali	Costo					Totale
TUBAZIONE SCANALATA VICTAULIC	€ 289,85	€ 193,23	€ 218,71	€ 721,99	€ 2.818,80	€ 4.242,59
TUBAZIONI NERE IN TUBO F.M. NERO LISCIO	€ 271,34	€ 303,23	€ 323,29	€ 1.012,02	€ 3.628,00	€ 5.537,88
TUBAZIONI IN TUBO ZINCATO	€ 278,70	€ 273,54	€ 345,80	€ 1.192,24	€ 5.230,49	€ 7.320,77
TUBAZIONE MULTISTRATO NUDO	€ 318,98	€ 286,44	€ 532,75	€ 1.821,60	€ 7.982,15	€ 10.941,92
TUBAZIONE PRESSFITTING ACC. INOX	€ 472,57	€ 394,23	€ 579,30	€ 2.289,83	€ 9.225,72	€ 12.961,65
TUBAZIONE IN TUBO FUSIOTHERM PP	€ 275,05	€ 278,87	€ 468,27	€ 2.053,18	€ 10.513,72	€ 13.589,09
TUBAZIONE PRESSFITTING RAME	€ 547,51	€ 475,75	€ 703,44	€ 2.602,35	€ 10.952,14	€ 15.281,19
ISOLANTE RIVESTITO	€ 280,05	€ 206,87	€ 232,00	€ 1.089,00	€ 3.668,13	€ 5.476,05

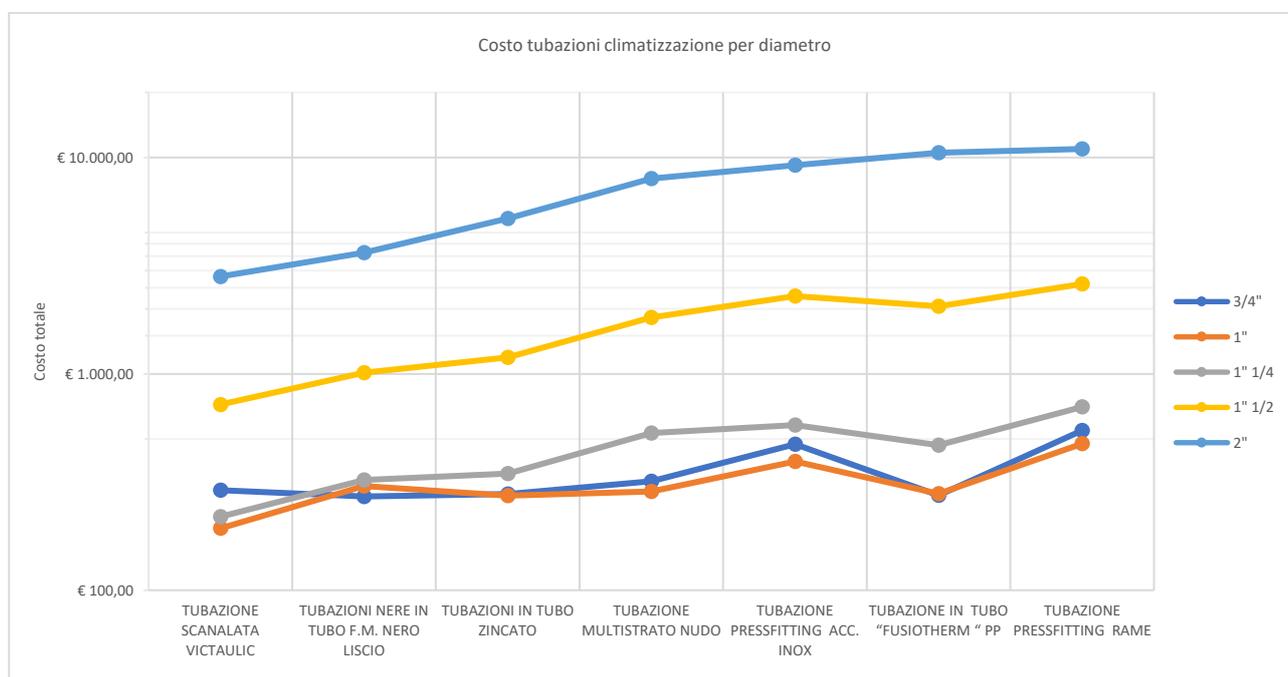


Figura 4.24 Costo fornitura e posa tubazioni climatizzazione divise per diametro

I costi divisi per diametro sono rappresentativi, a meno delle variazioni nei diametri piccoli caratterizzati anche da lunghezze contenute, dei costi totali. Il costo maggiore è richiesto per i diametri più grandi, come si è visto anche per i costi di sola fornitura, funzione del costo specifico e anche della lunghezza richiesta.

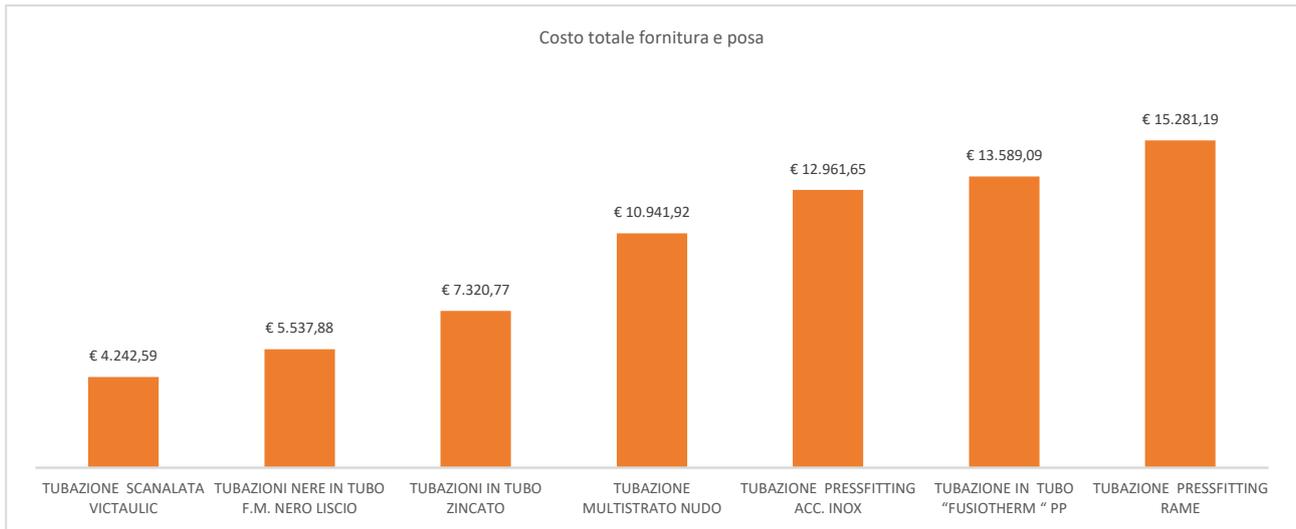


Figura 4.25 Costo fornitura e posa tubi climatizzazione

Si inseriscono nello studio delle tubazioni per la climatizzazione anche l'acciaio inox e il rame che, a quanto comunicato dal grafico, hanno prezzi confrontabili con quelli del polipropilene e si posizionano nella parte costosa del grafico, cioè tra 13.000€ e 15.300€. Interessante notare come il polipropilene si posizioni tra le più costose pur avendo il costo della sola tubazione molto basso questo perché, come visto nel capitolo 3, si consiglia come equivalente del tubo in acciaio la dimensione successivamente più grande del polipropilene. All'incirca a metà troviamo la tubazione in multistrato nudo che richiede quasi 11.000€. A seguire si trova l'acciaio zincato, 7300€, e l'acciaio nero nelle versioni a saldare, 5500€, e Victaulic, 4200€.

Il costo minimo è raggiunto in questo caso dalla tubazione in acciaio con giunti tipo Victaulic. Il costo di installazione della tubazione scanalata Victaulic e dell'isolante è pari a circa 9700€, a confronto con i 14.200€ del polipropilene preisolato, è da preferirsi tenendo anche conto del fatto che il costo del polipropilene è di sola fornitura.

Nel caso sia preferibile utilizzare il polipropilene come tubazione, anche dal punto di vista tecnologico, il costo di installazione, compreso di isolante, salirebbe a 19.000€. La tubazione preisolata risulta meno dispendiosa lasciando un margine di quasi 4900€ per il montaggio della stessa. Con conseguente forte riduzione dei tempi delle operazioni richieste grazie al fatto che la tubazione si presenta già preisolata e grazie alla velocità di giunzione del polipropilene.

Si continua l'esempio iniziato nel paragrafo 3.1.1, in cui si nota una perdita di carico decisamente minore nel caso del polipropilene. Dovendo installare una pompa sulla tubazione da 2" con una portata ipotetica di 11.000 l/h, nel caso del polipropilene, cioè con 1,16 mca di perdita, la pompa consigliata da Grundfos [28] costa 811€ con un'energia assorbita di 281 kWh/anno, 64.5€/anno, mentre nel caso di perdita media di 2 mca, la pompa costa 1393€ con un'energia assorbita di 292 kWh/anno, 67€/anno, o 891€ con un'energia assorbita di 421 kWh/anno, 97€/anno. Il caso studio in esame richiederebbe l'utilizzo di almeno tre pompe, essendo l'impianto suddiviso nelle tre scale presenti portando i relativi costi da circa 4200€ a circa 2400€. Il dato della portata inoltre è realistico e in linea con le portate richieste dal caso studio. L'utilizzo del polipropilene ha un vantaggio, seppur piccolo, anche per quanto riguarda il costo di investimento o il costo di esercizio delle pompe.

4.5.4. Fornitura e posa acqua ACS/AFS

Per le tubazioni che convogliano acqua ad uso sanitario i materiali disponibili si dimezzano e si ricorda che l'isolamento allo spessore da Categoria A D.P.R 412 è richiesto per la sola parte calda.

Tabella 4.27 Costo fornitura e posa tubi acqua sanitaria

Costo fornitura e posa acqua sanitaria							
∅	16	3/4"	1"	1" 1/4	1" 1/2	2"	
Lunghezza [m]	185	13,2	13,2	6,6	33	146	
Materiali	Costo						Totale
TUBAZIONE MULTISTRATO	€ 2.049,80	€ 212,65	€ 286,44	€ 266,38	€ 1.518,00	€ 9.234,50	€ 13.567,77
TUBAZIONE "FUSIOTHERM" PP	€ 2.095,13	€ 183,37	€ 278,87	€ 234,14	€ 1.710,98	€ 12.163,26	€ 16.665,74
TUBAZIONE PRESSFITTING INOX	€ 3.551,11	€ 315,05	€ 394,23	€ 289,65	€ 1.908,19	€ 10.673,18	€ 17.131,41
TUBAZIONE PRESSFITTING RAME	€ 3.870,50	€ 365,01	€ 475,75	€ 351,72	€ 2.168,63	€ 12.670,46	€ 19.902,06
Isolante rivestito calda 50%	€ 671,55	€ 93,35	€ 103,44	€ 58,00	€ 453,75	€ 2.895,62	€ 4.275,70

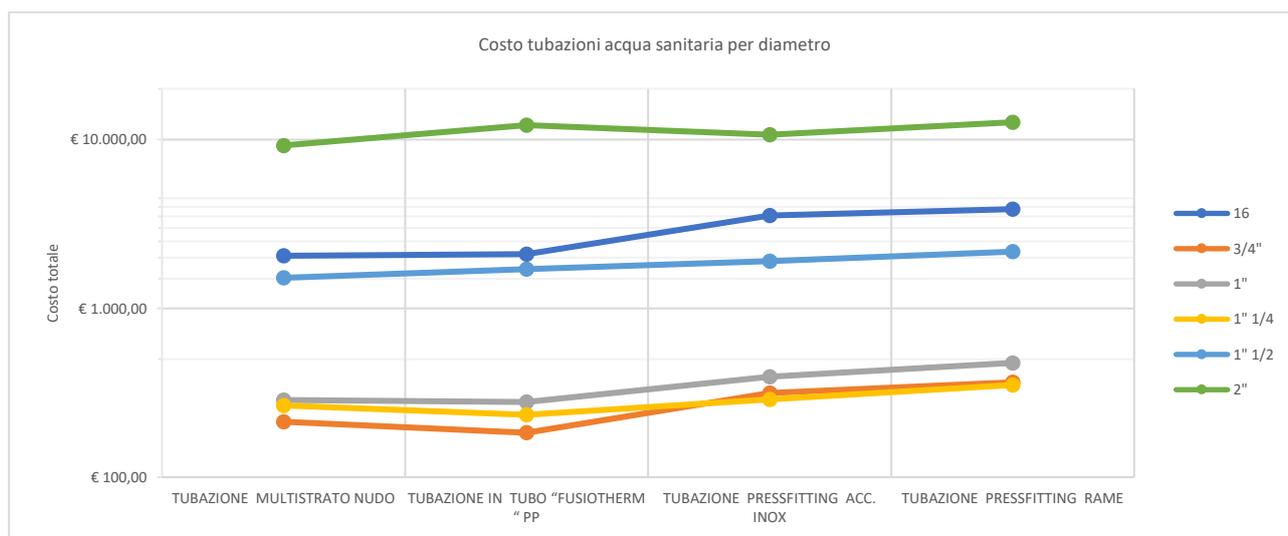


Figura 4.26 Costo fornitura e posa tubazioni acqua sanitaria divise per diametro

I costi divisi per diametro sono abbastanza rappresentativi del costo totale per tutte le dimensioni, unica differenza visualizzabile tra inox e polipropilene, per i diametri da 2" e da 16 mm. In questo caso il costo maggiore è sempre rappresentato dai tubi da 2" mentre in seconda posizione troviamo i tubi da 16mm i quali, pur avendo un basso costo specifico, presentano una lunghezza molto elevata.

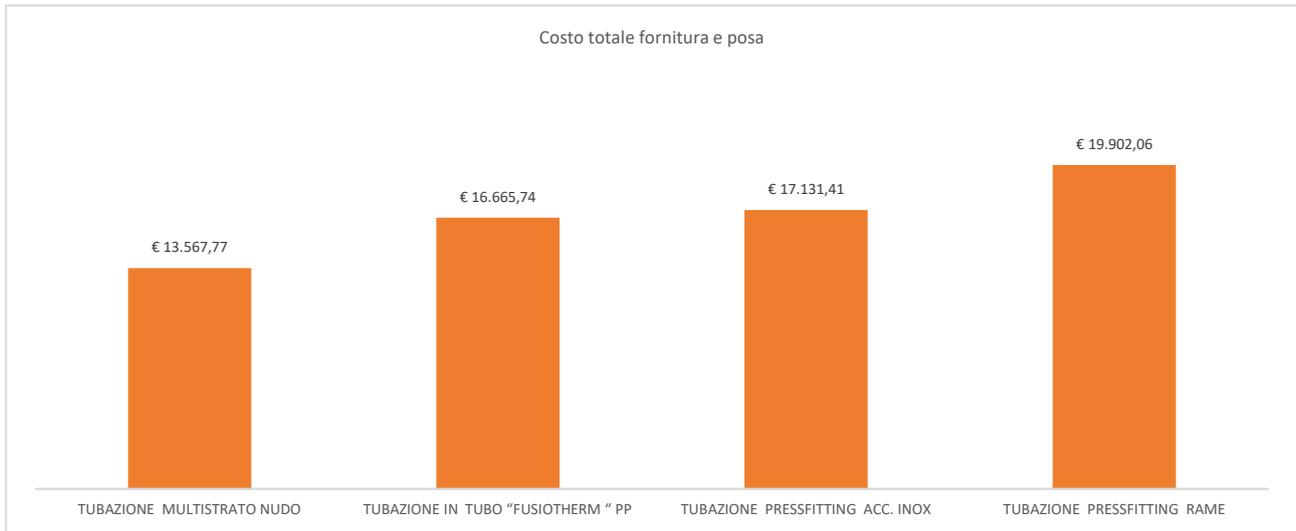


Figura 4.27 Costo fornitura e posa tubi acqua sanitaria

I prezzi finali sono mediamente più alti rispetto alla climatizzazione, questo è dovuto alla presenza di soli materiali "pregiati" e quindi all'assenza dell'acciaio nero e zincato ma anche all'aumento di materiale richiesto con lunghezze maggiori e con l'introduzione del diametro da 16mm.

Il rame a pressare risulta il più costoso, sfiorando 20.000€. A seguire acciaio inox e polipropilene con costi confrontabili, rispettivamente 17.100€ e 16.700€. Il prezzo più basso si attribuisce al multistrato in questo caso, con circa 13.600€.

Metà della tubazione convoglia acqua calda, è quindi da isolare con spessori elevati. Ricordiamo il costo di sola fornitura della tubazione in polipropilene preisolato, 11.450€. Nel caso si scegliesse la soluzione più economica, quindi il multistrato, 50% della lunghezza totale fornita e posata compreso l'isolamento e il rivestimento avrebbe un prezzo di circa 11.100€. Quest'ultima soluzione risulta più vantaggiosa dal punto di vista economico, ricordando che la tubazione preisolata necessita di un costo ulteriore per la posa. Nel caso si voglia utilizzare la tubazione in polipropilene, il prezzo di tale tecnologia, sempre riferita al quantitativo della tubazione "calda", fornita e posata con isolamento e rivestimento separati è di circa 12.600€, una differenza di circa 1200€ in più rispetto alla tubazione preisolata. Contando la manodopera probabilmente nemmeno in questo caso la tubazione preisolata risulterebbe economicamente migliore ma dal punto di vista tecnico e anche dal punto di vista dei tempi di installazione è sicuramente interessante.

Ulteriore aspetto interessante deducibile dalla Figura 4.27 è il costo dell'acciaio inossidabile. Tale tecnologia, tutto sommato, ha costi confrontabili alle altre e per certi versi risulta migliore delle tubazioni in plastica o del multistrato, un aspetto importante è rappresentato dalla rigidità del materiale con conseguente facilità di posa e minor staffaggio richiesto, altro punto a favore e la tutela dell'acqua sanitaria, essendo un prodotto che si usa ormai da molti anni si conosce molto bene, mentre le materie plastiche ancora giovani, anche se garantite fino a 50 anni, non presentano esempi di installazione così datati, ne risulta quindi una discutibile incertezza nelle caratteristiche di resistenza.

Conclusioni

Nell'ambito degli impianti civili, lo studio eseguito nella tesi si è focalizzato sulla distribuzione dei fluidi di maggior interesse, rappresentati dall'acqua usata per il trasporto di calore al fine di climatizzare gli ambienti abitativi e dall'acqua destinata al consumo umano. Lo studio, attraverso analisi numeriche e qualitative sotto i profili tecnici ed economici, ha avuto l'obiettivo di confrontare i materiali e i tipi di raccordi e giunzioni adatti agli impianti di cui sopra, dai più tradizionali ai nuovi emergenti ancora poco conosciuti e non diffusi nell'utilizzo. Particolare attenzione è stata attribuita alla coibentazione degli impianti prendendo in considerazione soluzioni con tubazioni fornite preisolate.

I risultati dell'analisi tecnica per quanto riguarda le perdite di carico mostrano come il polipropilene prevalga sugli altri materiali sia nel caso di studio a parità di velocità, ma ancor più nel caso realistico di parità di portata. Esso, avendo un coefficiente di rugosità confrontabile con quelli delle altre materie plastiche nonché con quelli di rame ed inox, raggiunge tali valori in quanto presenta una sezione di passaggio leggermente maggiore rispetto agli altri, i diametri di cui si parla sono quelli consigliati come equivalenti, con conseguente riduzione delle velocità in gioco. Gli altri materiali presentano risultati confrontabili tra loro, anche nel caso dell'acciaio nero o zincato, i cui coefficienti di rugosità sono più grandi rispetto al resto, in quanto anch'essi presentano una sezione di passaggio superiore alla media. Nel confronto a parità di velocità infatti sono loro a presentare i valori più alti di perdite di carico.

Altro risultato dell'analisi tecnica, in questo caso per quanto riguarda gli staffaggi e i punti di ancoraggio delle tubazioni, vede le materie plastiche come meno performanti in quanto caratterizzate da una bassa rigidità. Da questo punto di vista prevalgono i materiali metallici che, pur presentando un peso a volte superiore, presentano distanze minime tra i punti di ancoraggio molto più grandi, anche per questo il multistrato presenta uno strato intermedio metallico.

Si sono analizzati anche i pesi delle tubazioni, vedendo l'acciaio, nelle versioni nero e zincato, come più pesante, caratteristica che potrebbe portare a difficoltà durante la posa. Gli altri tubi metallici presentano pesi contenuti in quanto gli spessori sono contenuti, mentre le materie plastiche, anche se hanno spessori piuttosto grandi, hanno anche densità molto basse.

Le tubazioni si installano solitamente a temperatura ambiente, in seguito all'entrata in esercizio degli impianti, esse raggiungono temperature, in media di circa 70°C con un aumento di 50K. L'aumento di temperatura porta i tubi a dilatarsi. Questo fenomeno è molto marcato nei tubi in materiali plastici caratterizzati da alti coefficienti di dilatazione termica lineare, mentre è contenuto nei materiali metallici e nel multistrato.

Da un esempio applicativo si determina una riduzione media del 40% delle perdite di carico in un impianto realizzato in polipropilene rispetto agli altri analizzati.

Le giunzioni analizzate sono quelle filettate, tipiche dei tubi zincati, le saldature ossiacetileniche o elettriche, usate solitamente per i tubi in acciaio nero, la saldatura per polifusione per materiali plastici come polietilene o polipropilene, il sistema a pressare per rame e acciaio inox e tecnologia Victaulic, molto diffusa negli impianti antincendio.

Su base qualitativa, la giunzione tramite il sistema a pressare risulta la più veloce, seguita dalla polifusione delle materie plastiche, le quali necessitano di un certo tempo per riscaldarsi e, in seguito alla giunzione, raffreddarsi. La tecnologia Victaulic ha anch'essa tempi più veloci della classica saldatura ma non al pari della giunzione pressata in quanto necessita di lavorazioni sulle estremità dei tubi per creare scanalature, una volta eseguite l'operazione si riduce al serraggio di due bulloni. A seguire la filettatura ancora molto diffusa mentre

in fondo alla classifica troviamo la saldatura che richiede tempi piuttosto lunghi e buone capacità da parte dell'operatore.

Dall'analisi economica sui prezzi di fornitura di tubazioni, svolta secondo i prezzi riferiti al periodo di scrittura della tesi e senza contare la scontistica proposta, risulta che inox e rame sono i materiali più costosi mentre acciaio nero e zincato e materiali plastici sono più economici. I raccordi presentano prezzi variabili non solo in base al materiale ma anche al tipo di giunzione con cui devono essere installati. La categoria più economica risulta quella di polipropilene, raccordato tramite polifusione, assieme al rame saldato, all'acciaio saldato e a quello zincato filettato. Anche la tecnologia Victaulic risulta appetibile, specialmente per i grandi diametri. Mentre i sistemi a pressione dell'acciaio inox, del rame e del multistrato risultano i più costosi. Costoso anche il sistema Quick&Easy del polietilene di Uponor.

Risulta interessante notare come le tecnologie che costano di più sono anche le più veloci e sicure da eseguire. Si distacca da questo discorso il polipropilene che presenta un basso costo dei componenti necessari alla raccorderia e un tempo abbastanza corto per la realizzazione della stessa.

Parte dell'obiettivo era anche analizzare un possibile uso delle tubazioni fornite preisolate. La tubazione in esame è una tubazione in polipropilene preisolata fornita da Aquatechnik. Dal confronto del costo di tale sistema con il solo costo di fornitura della tubazione nuda in polipropilene al quale si sommano i costi di fornitura e posa dell'isolante si evince che le due presentano prezzi confrontabili, con la differenza che la tubazione nuda necessita tempo per essere isolata e rivestita. Un confronto con i costi di sola fornitura di tubo e isolante risultano nella convenienza della tubazione preisolata in quanto l'isolante vede costi di fornitura molto alti. La tubazione preisolata di cui si parla è destinata ad un uso interrato ma nulla vieta di installare tale sistema in circostanze diverse. Rimane da dimostrare la fattibilità attraverso uno studio sperimentale.

Lo studio ha anche effettuato valutazioni sul costo di fornitura e posa attraverso l'ausilio di dati forniti dalla ditta installatrice Insurbia Servizi Energetici. A verificare l'influenza del materiale sul costo totale, inox e rame risultano i più costosi, ma non solo, sempre a loro si attribuisce anche il maggior costo di manodopera. Risultano i più veloci e questa caratteristica li porta ad aumentare il costo di manodopera. All'altro estremo troviamo l'acciaio nero a saldare che, seppur presentando un costo medio di manodopera, ha costi molto contenuti di fornitura del materiale, l'acciaio zincato a filettare, con costi medio bassi sì per quanto riguarda la fornitura che la manodopera, tecnologie però "lente", tra loro troviamo però anche la tubazione scanalata tipo Victaulic che presenta un costo totale molto basso dovuto ad una manodopera poco costosa. Il polipropilene risulta più costoso delle aspettative con un'incidenza della fornitura dei raccordi molto pesante specialmente per quanto riguarda i diametri grandi, i dati si discostano da quelli trovati a parte nei cataloghi.

Un confronto tra i costi di fornitura dei tubi ricavati da cataloghi, al lordo di sconti, e i costi di fornitura proposti dalla ditta installatrice mostra una differenza in termini percentuali confrontabile con gli sconti proposti dai rivenditori. Si verificano così, per le tubazioni, i costi leggermente ridotti. Mentre dal confronto con i prezzi previsti dalla Regione Piemonte, i prezzi proposti dalla Insurbia Servizi Energetici risultano leggermente sovrastimati, quindi quelli da catalogo ancor più sovrastimati. Il costo dell'isolante da catalogo è molto più alto rispetto ai prezzi di fornitura offerti dalla ditta installatrice.

L'applicazione dei costi all'impianto di climatizzazione di un caso studio, per quanto riguarda la sola fornitura, vede l'acciaio come scelta migliore dal punto di vista puramente economico, nelle versioni a pressione, Victaulic e zincato filettato. Aggiungendo allo studio il costo da catalogo dell'isolante, la tubazione in polipropilene risulta da preferirsi dal punto di vista economico, e ricordiamo anche dal punto di vista dei tempi di installazione. I costi di fornitura e posa della parte di climatizzazione mostrano sempre l'acciaio come preferibile, portando il polipropilene a costi confrontabili con l'inox e il rame. Non si ritrova in questo caso la convenienza della tubazione preisolata, rispetto all'acciaio nudo isolato in seguito ma diventa interessante e

competitivo nel caso si voglia evitare l'uso dell'acciaio, ricordando il netto miglioramento che si avrebbe nel caso si volesse usare appunto il polipropilene. L'uso del polipropilene infatti porterebbe ad un abbassamento dei costi totali delle pompe nonché un consumo minore di energia.

L'applicazione dei costi all'impianto che serve acqua destinata al consumo umano invece, necessitando di materiali più "pregiati", vede dei costi più alti rispetto alla climatizzazione. In questo caso la sola fornitura vede il polipropilene come materiale più economico mentre inox e rame risultano tra i più costosi. Passando al costo di fornitura e posa, risulta più vantaggioso il multistrato, con polipropilene e inox in seconda posizione con prezzi confrontabili mentre il rame è il più costoso. In questo caso, confrontando con la tubazione preisolata, il multistrato coibentato in seguito risulta più conveniente. Per rendere la tubazione preisolata da preferirsi bisogna avere un occhio di riguardo, come già visto, per i tempi di montaggio e per le perdite di carico.

I tubi in materiale plastico sono una tecnologia tutto sommato giovane rispetto all'inox e, pur essendo garantite fino a 50 anni, non se ne conoscono ancora bene le caratteristiche di resistenza alla corrosione, importanti per la tutela dell'acqua sanitaria. Mentre l'inox, che come si è visto, ha costi tutto sommato confrontabili ed è un materiale del tutto sicuro per l'acqua, oltre ad avere una stabilità di gran lunga maggiore con conseguente facilità nella posa e nello staffaggio.

In conclusione, la tecnologia a pressare risulta molto veloce ed affidabile e continuerà ad essere usata, la tecnologia Victaulic ha senso che prenda sempre più piede anche fuori dal campo antincendio, e il polipropilene, o in generale le tubazioni preisolate, porterebbero grossi vantaggi nell'installazione, ma sono ancora quasi assenti, se non con spessori dell'isolante molto piccoli, per la distribuzione dell'acqua negli impianti civili.

Riferimenti

- [1] «Gazzetta Ufficiale,» [Online]. Available: <https://www.gazzettaufficiale.it/>.
- [2] «Ente italiano di normazione,» [Online]. Available: <https://www.uni.com/>.
- [3] «Ministero della Salute,» [Online]. Available: <http://www.salute.gov.it/>.
- [4] N. Rossi, Manuale del termotecnico, Milano: Ulrico Hoepli, 2014.
- [5] C. d. Wikipedia, «Acqua,» Wikipedia, L'enciclopedia libera, [Online]. Available: <//it.wikipedia.org/w/index.php?title=Acqua&oldid=113504346>.
- [6] c. d. Wikipedia, «Sistemi di tubazioni,» Wikipedia, L'enciclopedia libera, [Online]. Available: //it.wikipedia.org/w/index.php?title=Sistemi_di_tubazioni&oldid=112783841.
- [7] Tenaris. [Online]. Available: <https://www.tenaris.com/en>.
- [8] E. Europa. [Online]. Available: <http://www.eurotubeuropa.it/italiano/index.html>.
- [9] «SCTubes,» [Online]. Available: <https://sctubes.com/>.
- [10] «Lareter,» [Online]. Available: <https://www.lareter.it/>.
- [11] «Uponor,» [Online]. Available: <https://www.uponor.it/>.
- [12] «Aquatechnik,» [Online]. Available: <https://www.aquatechnik.it/>.
- [13] «Thermaflex,» [Online]. Available: <https://thermaflex.com/>.
- [14] «System,» [Online]. Available: <http://www.system.it/>.
- [15] «Victaulic,» [Online]. Available: <https://www.victaulic.com/>.
- [16] «Caleffi Hydronic Solutions,» [Online]. Available: <https://www.caleffi.com/italy/it>.
- [17] «Gia,» [Online]. Available: <https://www.gia.it/>.
- [18] «Raccorderie Metalliche,» [Online]. Available: <https://www.racmet.com/>.
- [19] «Centro Gamma,» [Online]. Available: <https://www.centrogamma.com/>.
- [20] «Eurotis,» [Online]. Available: <https://eurotis.it/>.
- [21] «Oppo,» [Online]. Available: <https://www.oppo.it/>.
- [22] «Idealterm,» [Online]. Available: <http://www.idealterm.it/>.
- [23] «multistrato.com,» [Online]. Available: <https://www.multistrato.com/>.
- [24] «Nupi Industrie Italiane,» [Online]. Available: <https://www.nupiindustriaitaliane.com/>.

[25] «Evocell&Mobius,» [Online]. Available: <https://evocellmobius.it/it/>.

[26] «Insurbia Servizi Energetici,» [Online]. Available: <http://www.isesrl.eu/>.

[27] «Regione Piemonte,» [Online]. Available: <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/protezione-civile-difesa-suolo-opere-pubbliche/opere-pubbliche/prezzario/prezzario-regione-piemonte-2020>.

[28] «Grundfos,» [Online]. Available: <https://it.grundfos.com/>.