

# ARCA CAPITANATA

## AGENZIA REGIONALE per la CASA e l'ABITARE

### FONDO DI SVILUPPO E COESIONE 2007-2013 Regione Puglia - "Settore Aree Urbane - Città"

realizzazione di n° 8 alloggi di edilizia residenziale pubblica nel  
Comune di TRINITAPOLI (BT) in Via Pietro Nenni

Finanziamento: € 1.200.000,00

TIMBRO	<b>IL PROGETTISTA ARCHITETTONICO</b> (u.o. progettazione / appalti)  ing. Antonio Verrastro	<b>IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO E VERIFICATORE DEL PROGETTO</b> (resp. u.o. progettazione / appalti)  arch. Anna Maria Tomasulo
	<b>IL PROGETTISTA DELLE STRUTTURE E DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI</b>  ing. Antonio Falcone <i>Via Campanile 39 71043 Manfredonia (FG)</i>	<b>IL DIRETTORE ARCA Capitanata</b> (dirigente del Settore Tecnico)  ing. Vincenzo De Devitiis

TAVOLA	TITOLO  Relazione di calcolo - impianti meccanici	SCALA  -
M.RT.02		DATA
AGGIORNAMENTI	L'IMPRESA	IL DIRETTORE DEI LAVORI
RIF.		

## INDICE

<b>1</b>	<b>GENERALITA' .....</b>	<b>3</b>
1.1	PREMESSA.....	3
1.2	SOTTOSERVIZI DISPONIBILI .....	3
1.3	LEGGI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	4
<b>2</b>	<b>RETI DEI FLUIDI TERMOVETTORI.....</b>	<b>6</b>
2.1	PREMESSA.....	6
2.2	DIMENSIONAMENTO DELLE RETI CALDE.....	6
2.2.1	DIMENSIONAMENTO DEI RADIATORI .....	7
2.2.2	DIMENSIONAMENTO DELLE TUBAZIONI.....	8
<b>3</b>	<b>IMPIANTO A PANNELLI SOLARI.....</b>	<b>19</b>
3.1	PREMESSA.....	19
3.2	METODOLOGIA DI CALCOLO DELLA POTENZA MEDIA ORARIA UTILE.....	19
3.3	IL PANNELLO SOLARE PIANO TIPO.....	20
3.4	RISULTATI DI CALCOLO .....	22
3.5	RIEPILOGO .....	33
<b>4</b>	<b>RETI IDRICO SANITARIE E SCARICHI .....</b>	<b>34</b>
4.1	RETI IDRICO SANITARIE.....	34
4.1.1	CRITERI GENERALI DI PROGETTO PER LE RETI IDRICO SANITARIE .....	34
4.1.2	DIMENSIONAMENTO DELLE RETI IDRICO SANITARIE.....	34
4.1.3	CALCOLO DELLE PORTATE.....	34
4.1.4	DIMENSIONAMENTO DELLE TUBAZIONI.....	35
4.1.5	CALCOLO DELLA RETE DI RICIRCOLO DELL'ACQUA CALDA. ....	36
4.1.6	CALCOLO DELLA PRESSIONE DI ESERCIZIO .....	37
4.2	RETI DI SCARICO ACQUE REFLUE.....	38
4.2.1	DIMENSIONAMENTO DELLE RETI DI SCARICO ACQUE REFLUE .....	38
<b>5</b>	<b>GAS METANO.....</b>	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>COMPLETAMENTO CENTRALI.....</b>	<b>42</b>
6.1	COLLETTORI.....	42

---

6.2	VASI DI ESPANSIONE .....	43
6.3	ELETTROPOMPE.....	43

## 1 GENERALITA'

### 1.1 PREMESSA

La presente relazione tecnica, fornita a corredo del progetto esecutivo degli impianti meccanici termoidraulici per la realizzazione di n.8 alloggi di edilizia residenziale pubblica nel Comune di Trinitapoli (BT), illustra i criteri e le modalità di calcolo adottati nella progettazione degli impianti meccanici al fine di consentirne una agevole lettura e verificabilità, così come richiesto dal **d.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207**. In accordo con il D.P.R., i calcoli sono eseguiti con riferimento alle condizioni di esercizio, alla destinazione specifica e permettono di stabilire e dimensionare tutte le apparecchiature, condutture, canalizzazioni e qualsiasi altro elemento necessario per la funzionalità dell'impianto stesso, nonché consentire la determinazione prezzo.

I n.8 alloggi a progetto sono suddivisi in n.2 distinti complessi condominiali, prevedendo per ciascuno di essi:

- Allacciamenti: idrico - scarico acque nere - gas metano;
- Centrale idrica di pressurizzazione;
- Centrale termica;
- Impianto di riscaldamento;
- Impianto idrico sanitario;
- Impianto di scarico acque nere;
- Rete di adduzione gas metano.

### 1.2 SOTTOSERVIZI DISPONIBILI

In prossimità del sito sono disponibili o saranno comunque rese disponibili le seguenti alimentazioni e connessioni primarie:

- acquedotto comunale;
- rete fognaria pubblica collegata a depuratore;
- energia elettrica.

### 1.3 LEGGI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Alla base della progettazione impiantistica termomeccanica sono state poste le seguenti indicazioni ed emanazioni normative:

- Regolamenti, norme e decreti relativamente l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso nazionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia: D.P.R. n° 412 del 26 agosto 1993, D.P.R. n°551 del dicembre 1999, Decreto Legislativo n° 192 del 19 agosto 2005, Decreto Legislativo n° 311 del 29 dicembre 2006, Legge 90 del 3 agosto 2013, DM Requisiti Minimi, UNI TS 11300 parti 1, 2, 3 e 4.
- DECRETO LEGISLATIVO 3 marzo 2011 , n. 28 "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE".
- Decreto n. 37 del 22 gennaio 2008 e successivo DECRETO-LEGGE correttivo del 25 giugno 2008 , n. 112, "Norme per la sicurezza degli impianti";
- D.M. 1/12/1975 "Norme di sicurezza per apparecchi contenenti liquidi caldi in pressione" in particolare raccolte "R" e "H" e s.m.i.;
- UNI 9182:2014 - Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua fredda e calda - Progettazione, installazione e collaudo
- UNI EN 12056-1:2001 - Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici - Requisiti generali e prestazioni.
- UNI EN 12056-2:2001 - Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici - Impianti per acque reflue, progettazione e calcolo
- UNI EN 12056-3:2001 - Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici - Sistemi per l'evacuazione delle acque meteoriche, progettazione e calcolo
- UNI EN 12056-5:2001 - Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici - Installazione e prove, istruzioni per l'esercizio, la manutenzione e l'uso.
- UNI 7129-1:2015 - Impianti a gas per uso domestico e similare alimentati da rete di distribuzione - Progettazione, installazione e messa in servizio - Parte 1: Impianto interno.
- UNI 9036:2015 - Gruppi di misura - Prescrizioni di installazione
- UNI EN 12098-1, - 31-07-98 – Regolazioni per impianti di riscaldamento – Dispositivi di regolazione in funzione della temperatura esterna per gli impianti di riscaldamento ad acqua calda.
- UNI EN 442-3, - 28-02-99 – Radiatori e convettori – Valutazione della conformità.

---

Inoltre per tutti i componenti, per i quali dovrà essere prevista "l'omologazione" secondo le prescrizioni vigenti, saranno forniti i relativi certificati.

Qualora il fornitore non sia in possesso, per determinati apparecchi, del certificato d'omologazione, sarà fornita una dichiarazione, sottoscritta dal fornitore, nella quale lo stesso indicherà gli estremi della richiesta d'omologazione e garantirà che l'apparecchio fornito soddisfa a tutti i requisiti prescritti dalla specifica d'omologazione.

---

## **2      RETI DEI FLUIDI TERMOVETTORI**

### **2.1    PREMESSA**

Il presente capitolo descrive i criteri e le modalità di calcolo adottati nella progettazione degli impianti di distribuzione dei fluidi caldi termovettori, distinguendo per il caso in esame nei:

- circuiti caldi di centrale realizzati in acciaio nero ss;
- circuiti caldi dell'impianto solare realizzati in rame;
- circuiti di mandata agli appartamenti in polipropilene PP-R e di distribuzione secondaria in multistrato;

con opportuno isolamento come da D.P.R. 412/93.

I circuiti principali di alimentazione dei radiatori e dell'impianto solare sono del tipo a "ritorno inverso", soluzione che riduce al minimo i problemi di bilanciamento della rete. Infatti, essendo il circuito di uguale lunghezza, il circuito a ritorno inverso risulta intrinsecamente equilibrato.

### **2.2    DIMENSIONAMENTO DELLE RETI CALDE**

Il dimensionamento dell'impianto di riscaldamento inizia con il fissare per ogni corpo scaldante la potenza che esso dovrà fornire nel locale che lo contiene.

Installando un solo corpo scaldante nel locale, questa potenza coincide con il carico termico, mentre in locali grandi o quando si voglia ridurre l'ingombro del singolo corpo scaldante, si suddivide il carico termico del locale sui diversi corpi scaldanti installati, fissando per ciascuno di essi la frazione di potenza erogata.

L'impianto di riscaldamento è previsto con radiatori a colonne di acciaio di colore bianco, completi di gruppo valvola integrato con valvola termostattizzabile, tappo sfiato e cieco, distributore bitubo diritto o a squadra, adattatori, testa termostatica, mensole ed accessori. Sulle singole colonne montanti sono inserite valvole di intercettazione, rubinetti di scarico convogliati e, in corrispondenza del punto alto, complessi di sfioro aria.

### 2.2.1 DIMENSIONAMENTO DEI RADIATORI

Nota la potenza termica da fornire a un ambiente, per mantenerlo a una temperatura interna costante  $t_a$ , nelle condizioni di carico massimo, il corpo scaldante si sceglie conoscendo l'emissione specifica.

I carichi termici dei locali sono stati ottenuti in base al modello di calcolo implementato con il programma di calcolo Termolog Epix 7. Cautelativamente però sono stati incrementati i valori ottenuti con tali calcoli per tener conto di tutte le situazioni possibili (ad esempio locali adiacenti non riscaldati, ponti termici non correttamente realizzati, ecc.).

L'emissione termica teorica di un corpo scaldante statico è calcolata con l'espressione (UNI EN 442):

$$P = P_n \left( \frac{\Delta t}{50} \right)^n$$

dove:

$P$  = potenza termica teorica erogata (W)

$P_n$  = potenza termica erogata per un valore convenzionale di differenza fra la temperatura media del fluido nel corpo scaldante e l'aria ambiente, pari a 50 °C (W)

$\Delta t$  = differenza effettiva di temperatura fra la temperatura media del fluido nel corpo scaldante

$t_m = \frac{t_{wi} + t_{wo}}{2}$  e la temperatura interna ambiente  $t_a$ :  $\Delta t = t_m - t_a$  (°C)

$t_{wi}$ ,  $t_{wo}$  = temperatura dell'acqua all'ingresso e all'uscita del corpo scaldante.

$n$  = esponente variabile in funzione del tipo e della configurazione del corpo scaldante (i valori assunti come riferimento sono riportati nella seguente tabella)

Corpo scaldante	Esponente "n"
radiatori	1,31

Per il caso in esame sono stati presi in considerazione i dati relativi ad un  $\Delta t$ , differenza effettiva di temperatura fra la temperatura media del fluido nel corpo scaldante, di 30 °C, per un funzionamento a basse temperature 55/45 °C.

L'emissione termica così calcolata si riferisce a delle condizioni teoriche di difficile realizzabilità pratica perché i corpi scaldanti sono spesso installati in nicchie, coperti da mensole, contro pareti disperdenti. Si definisce pertanto un rendimento di emissione quale rapporto fra la potenza  $P$



occorrente per riscaldare l'ambiente con il sistema teorico di emissione e quello  $P_{eff}$  effettivamente necessario, a parità di condizioni esterne e di benessere interno:

$$\eta_e = \frac{P}{P_{eff}}$$

Il valore di  $\eta_e$  è tanto più basso quanto più alta è la temperatura dell'acqua circolante nel corpo scaldante, quanto più disperdente è la parete contro cui esso è addossato, quanto maggiormente è impedita la libera circolazione dell'aria attorno.

La potenza effettiva  $P_{eff}$  così calcolata e quindi da intendersi come potenza installata.

Si fa presente che in casi particolari (ad esempio locali con piccoli valori di carico termico), dando anche per scontato l'impiego di valvole termostatiche, il dimensionamento ha seguito piuttosto criteri dettati dall'esigenza di avere un numero minimo di elementi installato (per esigenze di robustezza strutturali del corpo scaldante).

### 2.2.2 DIMENSIONAMENTO DELLE TUBAZIONI

Stabilito nell'impianto il numero di corpi scaldanti, la loro taglia e posizione, il tipo di circuito che li alimenta, si passa al dimensionamento delle tubazioni e degli accessori.

Sulla base della differenza di temperatura fissata dell'acqua calda tra l'ingresso e l'uscita dei singoli corpi scaldanti con la seguente relazione si ottengono le varie portate d'acqua che li attraversano:

$$G_{H_2O} = \frac{P_{eff}}{C_{H_2O}(t_{wi} - t_{wu})} = \frac{0.86 \cdot P_{eff}}{(t_{wi} - t_{wu})} \quad (\ell / h)$$

dove:

$P_{eff}$  = potenza effettiva (installata) del singolo corpo scaldante (W)

$t_{wi}, t_{wu}$  = temperatura dell'acqua all'ingresso e all'uscita del corpo scaldante (°C)

$C_{H_2O}$  = il calore specifico dell'acqua ( $C_{H_2O} = 4187 \text{ J/kgK} = 1 \text{ kcal/kg°C}$ ).

Dalle portate d'acqua attraverso i corpi si risale facilmente alle portate nei vari tronchi del circuito.

Per le tubazioni si è scelto il metodo di dimensionamento a perdita di carico distribuita unitaria costante. In base a questo valore e a quello della portata di ciascun tronco si dimensionano le tubazioni utilizzando la relazione tra diametro tubo, portata d'acqua, perdita di carico distribuita e velocità dell'acqua. Tale relazione è utilizzata per comodità di calcolo in forma tabulare ed è riportata in Tabella 1 fino alla

Tabella 5, in funzione del tipo di materiale del tubo e della temperatura media dell'acqua.

Per quanto riguarda la velocità dell'acqua nei tubi si è verificato di rientrare nei valori riportati nella seguente tabella, in modo da limitare i problemi di rumore prodotti dalla circolazione del fluido e di permettere comunque il trascinarsi dell'aria eventualmente contenuta nel circuito.

Tratto	Velocità minima	Velocità massima
	m/s	m/s
Reti principali	1.5	2.5
Reti secondarie	0.5	1.5
In prossimità delle utenze (terminali)	0.2	0.5
Velocità massima tubazioni passanti in ambienti occupati = 1,0 m/s		

Il procedimento prende l'avvio dal circuito più sfavorito e cioè quello a maggior perdita di carico (normalmente quello che conduce al corpo scaldante più lontano o a parità di lunghezza quello con maggior perdite di carico concentrata).

Nella scelta dei diametri dei tubi si cerca di mantenere un valore medio della perdita di carico unitaria prossimo a quello prima indicato.

Scelti così i diametri dei tronchi per tutto il circuito più sfavorito, si possono valutare le perdite di carico concentrate per ciascuno di essi (valutate per semplicità come una percentuale delle perdite distribuite).

La somma, relative al circuito più sfavorito, delle perdite di carico distribuite, delle perdite di carico concentrate di ogni tronco e delle perdite di carico concentrate relative all'apparecchio utilizzatore, dà la perdita di carico totale che fornisce anche il valore della prevalenza della pompa da installare.

Il dimensionamento della pompa si completa calcolando la portata totale come somma di tutte le portate dei corpi alimentati nell'impianto.

A questo punto bisogna bilanciare tutti gli altri circuiti che si diramano dalla pompa tenendo conto di questo valore di prevalenza. Poiché i vari circuiti hanno normalmente tratti in comune, si procede in sequenza, considerando le varie diramazioni che si dipartono da circuiti già dimensionati (all'inizio sarà evidentemente quello che si è definito circuito più sfavorito), per le quali è possibile conoscere la differenza di pressione disponibile agli estremi.

Detta  $\Delta p$  la differenza di pressione nota esistente agli estremi di una derivazione, essa sarà somma di una componente concentrata ed una distribuita che non sono ancora note (poiché non lo sono le velocità ed i diametri dei vari tronchi). Come primo tentativo, si calcolano i diametri dei tronchi in base ad una perdita di carico per metro lineare pari a:

$$0.3 \frac{\Delta p}{\ell}$$

dove con  $\ell$  si indica la lunghezza totale del circuito derivato. Tale relazione si basa sulla posizione che circa il 30 % delle perdite di carico totali corrispondono alle perdite di carico distribuite ed il rimanente 70% alle perdite di carico concentrate (si noti che in queste però si includono anche le perdite relative all'apparecchio utilizzatore e le valvole di intercettazione). Con questo valore della perdita unitaria si calcolano e si dimensionano i singoli tronchi derivati. Se ne calcolano le perdite di carico totali e queste devono coincidere, entro il  $\pm 10 \%$  con il valore  $\Delta p$ , altrimenti si opererà una modifica nel diametro di qualche tronco sino ad ottenere il risultato voluto. Se, anche utilizzando i diametri commerciali più piccoli, non si giunge a ciò (cosa che spesso si verifica per i circuiti derivati vicini al generatore), si ottiene il bilanciamento aumentando le perdite di carico concentrate (per esempio con lo strozzamento di una delle valvole del circuito poste all'uscita dell'apparecchio utilizzatore).

Per le parti di impianto a due tubi a ritorno inverso (a sviluppo anulare), il bilanciamento dei circuiti perde di importanza, essendo ogni circuito, in prima approssimazione, già bilanciato. In tal caso il bilanciamento consisterà nel verificare che tutti i singoli circuiti abbiano perdite di carico uguali. Pertanto il calcolo può essere iniziato dal circuito di uno qualunque degli apparecchi utilizzatori, anche se normalmente si calcolano i circuiti del primo e dell'ultimo apparecchio utilizzatore e quindi si verificano quelli intermedi. Le perdite di carico totali dei diversi circuiti devono essere uguali tra loro con una approssimazione del  $\pm 10 \%$ , come prima indicato ed il valore massimo della perdita di carico dei vari circuiti viene utilizzato per determinare la prevalenza della pompa.

D	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"
Di	12,7	16,3	21,7	27,4	36,1	42	53,1	68,7	80,6	104,9	128,8	154,2
r	G v											
2	35* 0,08	90* 0,12	186 0,14	347 0,16	727 0,20	1.090 0,22	2.043 0,26	4.074 0,31	6.251 0,34	12.663 0,41	21.946 0,47	35.545 0,53
4	69* 0,15	125 0,17	269 0,20	503 0,24	1.053 0,29	1.579 0,32	2.960 0,37	5.903 0,44	9.056 0,49	18.345 0,59	31.793 0,68	51.494 0,77
6	80 0,17	155 0,21	334 0,25	625 0,29	1.308 0,35	1.962 0,39	3.677 0,46	7.332 0,55	11.248 0,61	22.787 0,73	39.491 0,84	63.963 0,95
8	93 0,20	181 0,24	390 0,29	729 0,34	1.525 0,41	2.288 0,46	4.289 0,54	8.551 0,64	13.119 0,71	26.576 0,85	46.059 0,98	74.600 1,11
10	105 0,23	204 0,27	439 0,33	821 0,39	1.719 0,47	2.578 0,52	4.832 0,61	9.635 0,72	14.781 0,80	29.945 0,96	51.897 1,11	84.055 1,25
12	115 0,25	225 0,30	484 0,36	905 0,43	1.895 0,51	2.842 0,57	5.327 0,67	10.621 0,80	16.295 0,89	33.011 1,06	57.211 1,22	92.663 1,38
14	125 0,27	244 0,33	526 0,40	983 0,46	2.057 0,56	3.086 0,62	5.785 0,73	11.534 0,86	17.695 0,96	35.848 1,15	62.127 1,32	100.625 1,50
16	135 0,29	263 0,35	565 0,42	1.056 0,50	2.210 0,60	3.315 0,66	6.213 0,78	12.388 0,93	19.005 1,03	38.501 1,24	66.726 1,42	108.073 1,61
18	143 0,31	280 0,37	602 0,45	1.124 0,53	2.353 0,64	3.530 0,71	6.617 0,83	13.193 0,99	20.241 1,10	41.004 1,32	71.064 1,52	115.099 1,71
20	152 0,33	296 0,39	637 0,48	1.189 0,56	2.490 0,68	3.735 0,75	7.000 0,88	13.958 1,05	21.414 1,17	43.381 1,39	75.182 1,60	121.770 1,81
22	159 0,35	311 0,41	670 0,50	1.251 0,59	2.620 0,71	3.930 0,79	7.366 0,92	14.688 1,10	22.534 1,23	45.649 1,47	79.114 1,69	128.138 1,91
24	167 0,37	326 0,43	702 0,53	1.311 0,62	2.745 0,74	4.117 0,83	7.717 0,97	15.387 1,15	23.607 1,29	47.823 1,54	82.882 1,77	134.241 2,00
26	174 0,38	340 0,45	733 0,55	1.368 0,64	2.865 0,78	4.297 0,86	8.055 1,01	16.060 1,20	24.639 1,34	49.915 1,60	86.507 1,84	140.111 2,08
28	181 0,40	354 0,47	762 0,57	1.424 0,67	2.980 0,81	4.471 0,90	8.380 1,05	16.709 1,25	25.635 1,40	51.933 1,67	90.004 1,92	145.776 2,17
30	188 0,41	367 0,49	791 0,59	1.477 0,70	3.092 0,84	4.639 0,93	8.695 1,09	17.337 1,30	26.599 1,45	53.885 1,73	93.386 1,99	151.254 2,25
35	204 0,45	399 0,53	859 0,65	1.604 0,76	3.358 0,91	5.038 1,01	9.443 1,18	18.827 1,41	28.884 1,57	58.515 1,88	101.411 2,16	164.251 2,44
40	220 0,48	429 0,57	922 0,69	1.723 0,81	3.607 0,98	5.411 1,08	10.142 1,27	20.221 1,52	31.022 1,69	62.846 2,02	108.917 2,32	176.409 2,62
45	234 0,51	456 0,61	982 0,74	1.835 0,86	3.841 1,04	5.762 1,16	10.801 1,35	21.535 1,61	33.039 1,80	66.931 2,15	115.998 2,47	187.877 2,79
50	247 0,54	483 0,64	1.039 0,78	1.941 0,91	4.064 1,10	6.096 1,22	11.427 1,43	22.784 1,71	34.954 1,90	70.811 2,28	122.721 2,62	198.767 2,96
60	273 0,60	532 0,71	1.146 0,86	2.140 1,01	4.480 1,22	6.721 1,35	12.597 1,58	25.117 1,88	38.534 2,10	78.062 2,51	135.289 2,88	219.122 3,26
70	296 0,65	578 0,77	1.244 0,93	2.324 1,09	4.865 1,32	7.298 1,46	13.680 1,72	27.275 2,04	41.845 2,28	84.770 2,72	146.914 3,13	237.951 3,54
80	318 0,70	621 0,83	1.336 1,00	2.496 1,18	5.225 1,42	7.838 1,57	14.692 1,84	29.294 2,20	44.942 2,45	91.044 2,93	157.788 3,36	255.563 3,80
90	339 0,74	661 0,88	1.423 1,07	2.658 1,25	5.565 1,51	8.348 1,67	15.647 1,96	31.198 2,34	47.864 2,61	96.963 3,12	168.046 3,58	
100	358 0,79	699 0,93	1.506 1,13	2.812 1,32	5.887 1,60	8.832 1,77	16.554 2,08	33.007 2,47	50.638 2,76	102.584 3,30	177.786 3,79	
150	445 0,98	869 1,16	1.870 1,40	3.493 1,65	7.313 1,98	10.970 2,20	20.562 2,58	40.998 3,07	62.899 3,42			
200	519 1,14	1.013 1,35	2.181 1,64	4.074 1,92	8.529 2,31	12.795 2,57	23.982 3,01	47.817 3,58	73.359 3,99			

r = resistenza, mm c.a./m

G = portata, l/h

v = velocità, m/s

Tabella 1 Perdite di carico distribuite. Tubi in acciaio (temp. acqua = 10 °C)

D	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"
Di	12,7	16,3	21,7	27,4	36,1	42	53,1	68,7	80,6	104,9	128,8	154,2
r	G v											
2	47 0,10	92 0,12	199 0,15	371 0,17	777 0,21	1.166 0,23	2.185 0,27	4.357 0,33	6.685 0,36	13.542 0,44	23.470 0,50	38.014 0,57
4	71 0,16	134 0,18	288 0,22	538 0,25	1.126 0,31	1.689 0,34	3.166 0,40	6.312 0,47	9.684 0,53	19.619 0,63	34.001 0,72	55.071 0,82
6	85 0,19	166 0,22	358 0,27	668 0,31	1.399 0,38	2.098 0,42	3.933 0,49	7.841 0,59	12.029 0,65	24.369 0,78	42.234 0,90	68.405 1,02
8	99 0,22	194 0,26	417 0,31	779 0,37	1.631 0,44	2.447 0,49	4.586 0,58	9.145 0,69	14.030 0,76	28.422 0,91	49.258 1,05	79.781 1,19
10	112 0,25	218 0,29	470 0,35	878 0,41	1.838 0,50	2.757 0,55	5.168 0,65	10.304 0,77	15.808 0,86	32.024 1,03	55.500 1,18	89.892 1,34
12	123 0,27	241 0,32	518 0,39	968 0,46	2.026 0,55	3.039 0,61	5.697 0,71	11.359 0,85	17.427 0,95	35.304 1,13	61.184 1,30	99.098 1,47
14	134 0,29	261 0,35	563 0,42	1.051 0,50	2.200 0,60	3.301 0,66	6.187 0,78	12.335 0,92	18.924 1,03	38.337 1,23	66.442 1,42	107.613 1,60
16	144 0,32	281 0,37	604 0,45	1.129 0,53	2.363 0,64	3.545 0,71	6.644 0,83	13.248 0,99	20.325 1,11	41.175 1,32	71.360 1,52	115.578 1,72
18	153 0,34	299 0,40	644 0,48	1.202 0,57	2.517 0,68	3.775 0,76	7.076 0,89	14.109 1,06	21.646 1,18	43.852 1,41	75.999 1,62	123.092 1,83
20	162 0,36	316 0,42	681 0,51	1.272 0,60	2.663 0,72	3.994 0,80	7.487 0,94	14.927 1,12	22.901 1,25	46.393 1,49	80.404 1,71	130.227 1,94
22	171 0,37	333 0,44	716 0,54	1.338 0,63	2.802 0,76	4.203 0,84	7.878 0,99	15.708 1,18	24.098 1,31	48.819 1,57	84.608 1,80	137.036 2,04
24	179 0,39	349 0,46	751 0,56	1.402 0,66	2.935 0,80	4.403 0,88	8.253 1,04	16.456 1,23	25.246 1,37	51.144 1,64	88.638 1,89	143.563 2,14
26	187 0,41	364 0,48	783 0,59	1.463 0,69	3.064 0,83	4.596 0,92	8.614 1,08	17.176 1,29	26.350 1,43	53.381 1,72	92.514 1,97	149.841 2,23
28	194 0,43	379 0,50	815 0,61	1.523 0,72	3.187 0,87	4.782 0,96	8.962 1,12	17.870 1,34	27.415 1,49	55.539 1,79	96.254 2,05	155.899 2,32
30	201 0,44	393 0,52	846 0,64	1.580 0,74	3.307 0,90	4.961 0,99	9.299 1,17	18.541 1,39	28.446 1,55	57.626 1,85	99.872 2,13	161.758 2,41
35	219 0,48	427 0,57	918 0,69	1.716 0,81	3.591 0,97	5.388 1,08	10.098 1,27	20.135 1,51	30.890 1,68	62.578 2,01	108.453 2,31	175.657 2,61
40	235 0,51	458 0,61	986 0,74	1.843 0,87	3.857 1,05	5.786 1,16	10.846 1,36	21.625 1,62	33.177 1,81	67.210 2,16	116.481 2,48	188.659 2,81
45	250 0,55	488 0,65	1.051 0,79	1.962 0,92	4.108 1,11	6.163 1,24	11.551 1,45	23.031 1,73	35.333 1,92	71.579 2,30	124.053 2,64	200.925 2,99
50	265 0,58	516 0,69	1.111 0,83	2.076 0,98	4.346 1,18	6.520 1,31	12.220 1,53	24.366 1,83	37.381 2,04	75.728 2,43	131.243 2,80	212.570 3,16
60	292 0,64	569 0,76	1.225 0,92	2.289 1,08	4.791 1,30	7.187 1,44	13.472 1,69	26.861 2,01	41.210 2,24	83.483 2,68	144.684 3,08	234.339 3,49
70	317 0,69	618 0,82	1.331 1,00	2.485 1,17	5.203 1,41	7.805 1,56	14.629 1,84	29.169 2,19	44.751 2,44	90.657 2,91	157.116 3,35	254.475 3,79
80	340 0,75	664 0,88	1.429 1,07	2.669 1,26	5.588 1,52	8.383 1,68	15.712 1,97	31.328 2,35	48.063 2,62	97.367 3,13	168.746 3,60	
90	362 0,79	707 0,94	1.522 1,14	2.843 1,34	5.951 1,62	8.928 1,79	16.734 2,10	33.365 2,50	51.188 2,79	103.697 3,33	179.716 3,83	
100	383 0,84	748 1,00	1.610 1,21	3.008 1,42	6.296 1,71	9.445 1,89	17.704 2,22	35.299 2,65	54.154 2,95	109.707 3,53		
150	476 1,04	929 1,24	2.000 1,50	3.736 1,76	7.821 2,12	11.732 2,35	21.990 2,76	43.846 3,29	67.267 3,66			
200	555 1,22	1.084 1,44	2.333 1,75	4.357 2,05	9.121 2,48	13.683 2,74	25.647 3,22	51.137 3,83				

r = resistenza, mm c.a./m

G = portata, l/h

v = velocità, m/s

Tabella 2 Perdite di carico distribuite. Tubi in acciaio (temp. acqua = 50 °C)

De	10	12	14	16	18	22	28	35	42
Di	8	10	12	14	16	20	25	32	39
r	G v								
2	5* 0,03	13* 0,05	28* 0,07	51* 0,09	87* 0,12	146 0,13	267 0,15	521 0,18	892 0,21
4	11* 0,06	27* 0,09	55* 0,14	82 0,15	118 0,17	216 0,19	396 0,22	775 0,27	1.326 0,31
6	16* 0,09	40* 0,14	68 0,17	104 0,19	149 0,21	273 0,24	500 0,28	977 0,34	1.671 0,39
8	22* 0,12	53* 0,19	80 0,20	122 0,22	175 0,24	322 0,28	589 0,33	1.151 0,40	1.970 0,46
10	27* 0,15	56 0,20	91 0,22	139 0,25	199 0,28	365 0,32	669 0,38	1.308 0,45	2.238 0,52
12	33* 0,18	62 0,22	101 0,25	154 0,28	221 0,31	405 0,36	743 0,42	1.452 0,50	2.483 0,58
14	38* 0,21	67 0,24	111 0,27	168 0,30	242 0,33	443 0,39	811 0,46	1.585 0,55	2.712 0,63
16	40* 0,22	73 0,26	119 0,29	181 0,33	261 0,36	478 0,42	875 0,50	1.711 0,59	2.927 0,68
18	42 0,23	78 0,28	128 0,31	194 0,35	279 0,39	511 0,45	936 0,53	1.830 0,63	3.131 0,73
20	45 0,25	83 0,29	136 0,33	206 0,37	296 0,41	543 0,48	995 0,56	1.944 0,67	3.325 0,77
22	48 0,26	87 0,31	143 0,35	218 0,39	313 0,43	573 0,51	1.050 0,59	2.052 0,71	3.511 0,82
24	50 0,28	92 0,32	151 0,37	229 0,41	329 0,45	602 0,53	1.104 0,62	2.157 0,75	3.690 0,86
26	52 0,29	96 0,34	158 0,39	239 0,43	344 0,48	631 0,56	1.155 0,65	2.258 0,78	3.863 0,90
28	55 0,30	100 0,35	164 0,40	250 0,45	359 0,50	658 0,58	1.205 0,68	2.356 0,81	4.030 0,94
30	57 0,31	104 0,37	171 0,42	260 0,47	373 0,52	684 0,60	1.254 0,71	2.450 0,85	4.192 0,97
35	62 0,34	114 0,40	187 0,46	284 0,51	408 0,56	747 0,66	1.369 0,77	2.676 0,92	4.578 1,06
40	67 0,37	123 0,43	202 0,50	306 0,55	440 0,61	806 0,71	1.478 0,84	2.888 1,00	4.941 1,15
45	72 0,40	131 0,46	216 0,53	328 0,59	471 0,65	863 0,76	1.581 0,89	3.089 1,07	5.285 1,23
50	76 0,42	140 0,49	229 0,56	348 0,63	500 0,69	916 0,81	1.679 0,95	3.281 1,13	5.613 1,31
60	85 0,47	155 0,55	254 0,62	386 0,70	555 0,77	1.017 0,90	1.863 1,05	3.641 1,26	6.230 1,45
70	92 0,51	169 0,60	278 0,68	422 0,76	606 0,84	1.110 0,98	2.035 1,15	3.977 1,37	6.803 1,58
80	100 0,55	183 0,65	300 0,74	455 0,82	654 0,90	1.198 1,06	2.196 1,24	4.292 1,48	7.343 1,71
90	107 0,59	195 0,69	320 0,79	487 0,88	700 0,97	1.282 1,13	2.349 1,33	4.591 1,59	7.854 1,83
100	113 0,63	207 0,73	340 0,84	517 0,93	743 1,03	1.361 1,20	2.495 1,41	4.876 1,68	8.341 1,94
150	143 0,79	262 0,92	429 1,05	652 1,18	937 1,29	1.716 1,52	3.145 1,78	6.147 2,12	10.516 2,45
200	168 0,93	308 1,09	506 1,24	768 1,39	1.104 1,53	2.023 1,79	3.707 2,10	7.245 2,50	12.395 2,88

r = resistenza, mm c.a./m

G = portata, l/h

v = velocità, m/s

**Tabella 3 Perdite di carico distribuite. Tubi in rame (temp. acqua = 10 °C)**



De	10	12	14	16	18	22	28	35	42
Di	8	10	12	14	16	20	25	32	39
r	G v								
2	13* 0,07	25 0,09	42 0,10	63 0,11	91 0,13	166 0,15	304 0,17	595 1,21	1.018 0,24
4	21 0,11	38 0,13	62 0,15	94 0,17	135 0,19	247 0,22	452 0,26	884 0,31	1.512 0,35
6	26 0,14	47 0,17	78 0,19	118 0,21	170 0,23	311 0,28	570 0,32	1.114 0,38	1.907 0,44
8	30 0,17	56 0,20	92 0,23	139 0,25	200 0,28	367 0,32	672 0,38	1.314 0,45	2.247 0,52
10	35 0,19	63 0,22	104 0,26	158 0,29	227 0,31	417 0,37	764 0,43	1.492 0,52	2.553 0,59
12	38 0,21	70 0,25	116 0,28	176 0,32	252 0,35	462 0,41	847 0,48	1.656 0,57	2.833 0,66
14	42 0,23	77 0,27	126 0,31	192 0,35	276 0,38	505 0,45	925 0,52	1.809 0,62	3.094 0,72
16	45 0,25	83 0,29	136 0,33	207 0,37	297 0,41	545 0,48	999 0,57	1.952 0,67	3.339 0,78
18	48 0,27	89 0,31	146 0,36	221 0,40	318 0,44	583 0,52	1.068 0,60	2.088 0,72	3.572 0,83
20	51 0,28	94 0,33	155 0,38	235 0,42	338 0,47	619 0,55	1.135 0,64	2.217 0,77	3.794 0,88
22	54 0,30	100 0,35	163 0,40	248 0,45	357 0,49	654 0,58	1.198 0,68	2.342 0,81	4.006 0,93
24	57 0,32	105 0,37	172 0,42	261 0,47	375 0,52	687 0,61	1.259 0,71	2.461 0,85	4.210 0,98
26	60 0,33	110 0,39	180 0,44	273 0,49	393 0,54	719 0,64	1.318 0,75	2.576 0,89	4.407 1,02
28	62 0,34	114 0,40	188 0,46	285 0,51	410 0,57	750 0,66	1.375 0,78	2.688 0,93	4.598 1,07
30	65 0,36	119 0,42	195 0,48	296 0,53	426 0,59	781 0,69	1.430 0,81	2.796 0,97	4.783 1,11
35	71 0,39	130 0,46	213 0,52	324 0,58	465 0,64	853 0,75	1.562 0,88	3.053 1,05	5.223 1,21
40	77 0,42	140 0,50	230 0,56	349 0,63	502 0,69	920 0,81	1.686 0,95	3.295 1,14	5.637 1,31
45	82 0,45	150 0,53	246 0,60	374 0,67	537 0,74	984 0,87	1.803 1,02	3.525 1,22	6.030 1,40
50	87 0,48	159 0,56	261 0,64	397 0,72	570 0,79	1.045 0,92	1.915 1,08	3.743 1,29	6.404 1,49
60	96 0,53	177 0,63	290 0,71	441 0,79	633 0,87	1.160 1,03	2.126 1,20	4.154 1,43	7.107 1,65
70	105 0,58	193 0,68	317 0,78	481 0,87	691 0,96	1.267 1,12	2.321 1,31	4.537 1,57	7.762 1,80
80	114 0,63	208 0,74	342 0,84	519 0,94	764 1,03	1.367 1,21	2.505 1,42	4.897 1,69	8.377 1,95
90	122 0,67	223 0,79	366 0,90	555 1,00	798 1,10	1.462 1,29	2.680 1,52	5.237 1,81	8.960 2,08
100	129 0,71	237 0,84	388 0,95	590 1,06	848 1,17	1.553 1,37	2.846 1,61	5.562 1,92	9.516 2,21
150	163 0,90	298 1,06	489 1,20	744 1,34	1.069 1,48	1.958 1,73	3.588 2,03	7.013 2,42	11.997 2,79
200	192 1,06	352 1,24	577 1,42	877 1,58	1.260 1,74	2.308 2,04	4.229 2,39	8.266 2,85	14.141 3,29

r = resistenza, mm c.a./m

G = portata, l/h

v = velocità, m/s

**Tabella 4 Perdite di carico distribuite. Tubi in rame (temp. acqua = 50 °C)**

De	10	12	14	16	18	22	28	35	42
Di	8	10	12	14	16	20	25	32	39
r	G v								
2	19* 0,10	27 0,09	44 0,11	67 0,12	96 0,13	176 0,16	322 0,18	629 0,22	1.077 0,25
4	22 0,12	40 0,14	65 0,16	99 0,18	143 0,20	261 0,23	479 0,27	935 0,32	1.600 0,37
6	27 0,15	50 0,18	82 0,20	125 0,23	180 0,25	329 0,29	603 0,34	1.179 0,41	2.017 0,47
8	32 0,18	59 0,21	97 0,24	147 0,27	212 0,29	388 0,34	711 0,40	1.390 0,48	2.378 0,55
10	37 0,20	67 0,24	110 0,27	167 0,30	241 0,33	441 0,39	808 0,46	1.579 0,55	2.701 0,63
12	41 0,22	75 0,26	122 0,30	186 0,34	267 0,37	489 0,43	897 0,51	1.752 0,61	2.998 0,70
14	44 0,25	81 0,29	134 0,33	203 0,37	292 0,40	534 0,47	979 0,55	1.914 0,66	3.274 0,76
16	48 0,27	88 0,31	144 0,35	219 0,40	315 0,43	577 0,51	1.057 0,60	2.065 0,71	3.533 0,82
18	51 0,28	94 0,33	154 0,38	234 0,42	337 0,47	617 0,55	1.130 0,64	2.209 0,76	3.779 0,88
20	54 0,30	100 0,35	164 0,40	249 0,45	358 0,49	655 0,58	1.201 0,68	2.346 0,81	4.014 0,93
22	58 0,32	105 0,37	173 0,42	263 0,47	378 0,52	692 0,61	1.268 0,72	2.478 0,86	4.239 0,99
24	60 0,33	111 0,39	182 0,45	276 0,50	397 0,55	727 0,64	1.332 0,75	2.604 0,90	4.455 1,04
26	63 0,35	116 0,41	190 0,47	289 0,52	415 0,57	761 0,67	1.395 0,79	2.726 0,94	4.663 1,08
28	66 0,36	121 0,43	198 0,49	302 0,54	433 0,60	794 0,70	1.455 0,82	2.844 0,98	4.865 1,13
30	69 0,38	126 0,45	206 0,51	314 0,57	451 0,62	826 0,73	1.514 0,86	2.958 1,02	5.060 1,18
35	75 0,41	137 0,49	225 0,55	343 0,62	492 0,68	902 0,80	1.653 0,94	3.230 1,12	5.526 1,29
40	81 0,45	148 0,52	243 0,60	370 0,67	531 0,73	974 0,86	1.784 1,01	3.486 1,20	5.965 1,39
45	87 0,48	159 0,56	260 0,64	395 0,71	568 0,79	1.041 0,92	1.908 1,08	3.729 1,29	6.380 1,48
50	92 0,51	169 0,60	276 0,68	420 0,76	604 0,83	1.106 0,98	2.027 1,15	3.961 1,37	6.776 1,58
60	102 0,56	187 0,66	307 0,75	466 0,84	670 0,93	1.227 1,09	2.249 1,27	4.396 1,52	7.520 1,75
70	111 0,62	204 0,72	335 0,82	509 0,92	731 1,01	1.340 1,19	2.456 1,39	4.800 1,66	8.212 1,91
80	120 0,66	220 0,78	362 0,89	549 0,99	789 1,09	1.447 1,28	2.651 1,50	5.181 1,79	8.863 2,06
90	129 0,71	236 0,83	387 0,95	588 1,06	844 1,17	1.547 1,37	2.836 1,60	5.542 1,91	9.480 2,20
100	137 0,76	250 0,89	411 1,01	624 1,13	897 1,24	1.643 1,45	3.011 1,70	5.885 2,03	10.069 2,34
150	172 0,95	316 1,12	518 1,27	787 1,42	1.131 1,56	2.072 1,83	3.797 2,15	7.420 2,56	12.694 2,95
200	203 1,12	372 1,32	610 1,50	927 1,67	1.333 1,84	2.442 2,16	4.475 2,53	8.746 3,02	14.962 3,48

r = resistenza, mm c.a./m

G = portata, l/h

v = velocità, m/s

Tabella 5 Perdite di carico distribuite. Tubi in rame (temp. acqua = 80 °C)



		<i>r</i> = perdite di carico continue, mm c.a./m				<i>G</i> = portate, l/h				<i>v</i> = velocità, m/s			
<i>r</i>	<i>Øe</i>	16	20	25	32	40	50	63	75	90	110	<i>Øe</i>	
	<i>Øi</i>	10,6	13,2	16,6	21,2	26,6	33,4	42	50	60	73,4	<i>Øi</i>	
2	G	26	47	88	171	316	586	1.091	1.751	2.872	4.964	G	
	v	0,08	0,10	0,11	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28	0,33	v	
4	G	39	70	130	253	469	870	1.621	2.602	4.268	7.376	G	
	v	0,12	0,14	0,17	0,20	0,23	0,28	0,32	0,37	0,42	0,48	v	
6	G	49	88	164	320	592	1.097	2.044	3.280	5.381	9.299	G	
	v	0,15	0,18	0,21	0,25	0,30	0,35	0,41	0,46	0,53	0,61	v	
8	G	57	104	194	377	697	1.293	2.409	3.866	6.342	10.961	G	
	v	0,18	0,21	0,25	0,30	0,35	0,41	0,48	0,55	0,62	0,72	v	
10	G	65	118	220	428	792	1.469	2.736	4.392	7.204	12.452	G	
	v	0,21	0,24	0,28	0,34	0,40	0,47	0,55	0,62	0,71	0,82	v	
12	G	72	131	244	475	879	1.631	3.037	4.874	7.996	13.819	G	
	v	0,23	0,27	0,31	0,37	0,44	0,52	0,61	0,69	0,79	0,91	v	
14	G	79	143	267	518	960	1.781	3.316	5.323	8.732	15.091	G	
	v	0,25	0,29	0,34	0,41	0,48	0,56	0,66	0,75	0,86	0,99	v	
16	G	85	155	288	560	1.036	1.922	3.579	5.745	9.424	16.288	G	
	v	0,27	0,31	0,37	0,44	0,52	0,61	0,72	0,81	0,93	1,07	v	
18	G	91	165	308	599	1.108	2.056	3.828	6.145	10.080	17.422	G	
	v	0,29	0,34	0,40	0,47	0,55	0,65	0,77	0,87	0,99	1,14	v	
20	G	97	176	327	636	1.177	2.183	4.066	6.527	10.706	18.503	G	
	v	0,30	0,36	0,42	0,50	0,59	0,69	0,82	0,92	1,05	1,21	v	
22	G	102	186	346	671	1.243	2.305	4.294	6.892	11.305	19.539	G	
	v	0,32	0,38	0,44	0,53	0,62	0,73	0,86	0,98	1,11	1,28	v	
24	G	108	195	363	706	1.306	2.423	4.513	7.243	11.881	20.535	G	
	v	0,34	0,40	0,47	0,56	0,65	0,77	0,90	1,02	1,17	1,35	v	
26	G	113	204	380	739	1.367	2.536	4.724	7.582	12.437	21.496	G	
	v	0,35	0,41	0,49	0,58	0,68	0,80	0,95	1,07	1,22	1,41	v	
28	G	117	213	397	770	1.426	2.646	4.928	7.910	12.975	22.426	G	
	v	0,37	0,43	0,51	0,61	0,71	0,84	0,99	1,12	1,27	1,47	v	
30	G	122	222	413	801	1.484	2.752	5.126	8.229	13.497	23.327	G	
	v	0,38	0,45	0,53	0,63	0,74	0,87	1,03	1,16	1,33	1,53	v	
35	G	133	242	451	875	1.620	3.006	5.598	8.986	14.740	25.475	G	
	v	0,42	0,49	0,58	0,69	0,81	0,95	1,12	1,27	1,45	1,67	v	
40	G	144	261	486	945	1.749	3.244	6.042	9.699	15.909	27.495	G	
	v	0,45	0,53	0,62	0,74	0,87	1,03	1,21	1,37	1,56	1,80	v	
45	G	154	279	520	1.010	1.871	3.470	6.463	10.374	17.016	29.410	G	
	v	0,48	0,57	0,67	0,80	0,94	1,10	1,30	1,47	1,67	1,93	v	
50	G	164	297	552	1.073	1.987	3.685	6.864	11.018	18.072	31.235	G	
	v	0,51	0,60	0,71	0,84	0,99	1,17	1,38	1,56	1,78	2,05	v	
60	G	181	329	613	1.191	2.205	4.090	7.617	12.228	20.057	34.664	G	
	v	0,57	0,67	0,79	0,94	1,10	1,30	1,53	1,73	1,97	2,28	v	
70	G	198	359	670	1.301	2.408	4.467	8.319	13.353	21.904	37.856	G	
	v	0,62	0,73	0,86	1,02	1,20	1,42	1,67	1,89	2,15	2,49	v	
80	G	214	388	723	1.404	2.599	4.821	8.979	14.412	23.640	40.858	G	
	v	0,67	0,79	0,93	1,10	1,30	1,53	1,80	2,04	2,32	2,68	v	
90	G	229	415	773	1.502	2.780	5.157	9.604	15.416	25.286	43.702	G	
	v	0,72	0,84	0,99	1,18	1,39	1,63	1,93	2,18	2,48	2,87	v	
100	G	243	441	821	1.595	2.952	5.477	10.200	16.372	26.855	46.414	G	
	v	0,76	0,89	1,05	1,25	1,48	1,74	2,04	2,32	2,64	3,05	v	

Tabella 6 Perdite di carico distribuite. Tubi in POLIPROPILENE (temp. acqua = 10 °C)

		<i>r</i> = perdite di carico continue, mm c.a./m				<i>G</i> = portate, l/h				<i>v</i> = velocità, m/s			
<i>r</i>	Øe	16	20	25	32	40	50	63	75	90	110	Øe	
	Øi	10,6	13,2	16,6	21,2	26,6	33,4	42	50	60	73,4	Øi	
2	G	30	54	100	195	360	668	1.244	1.998	3.277	5.663	G	
	v	0,09	0,11	0,13	0,15	0,18	0,21	0,25	0,28	0,32	0,37	v	
4	G	44	80	149	289	535	993	1.849	2.968	4.869	8.415	G	
	v	0,14	0,16	0,19	0,23	0,27	0,31	0,37	0,42	0,48	0,55	v	
6	G	56	101	188	365	675	1.252	2.331	3.742	6.139	10.609	G	
	v	0,17	0,20	0,24	0,29	0,34	0,40	0,47	0,53	0,60	0,70	v	
8	G	65	119	221	430	795	1.475	2.748	4.411	7.235	12.505	G	
	v	0,21	0,24	0,28	0,34	0,40	0,47	0,55	0,62	0,71	0,82	v	
10	G	74	135	251	488	904	1.676	3.122	5.011	8.219	14.206	G	
	v	0,23	0,27	0,32	0,38	0,45	0,53	0,63	0,71	0,81	0,93	v	
12	G	83	150	279	542	1.003	1.860	3.465	5.561	9.122	15.766	G	
	v	0,26	0,30	0,36	0,43	0,50	0,59	0,69	0,79	0,90	1,03	v	
14	G	90	163	305	592	1.095	2.032	3.784	6.073	9.962	17.217	G	
	v	0,28	0,33	0,39	0,47	0,55	0,64	0,76	0,86	0,98	1,13	v	
16	G	97	176	329	638	1.182	2.193	4.084	6.555	10.752	18.583	G	
	v	0,31	0,36	0,42	0,50	0,59	0,70	0,82	0,93	1,06	1,22	v	
18	G	104	189	352	683	1.264	2.345	4.368	7.011	11.500	19.876	G	
	v	0,33	0,38	0,45	0,54	0,63	0,74	0,88	0,99	1,13	1,30	v	
20	G	111	200	373	725	1.343	2.491	4.639	7.446	12.214	21.110	G	
	v	0,35	0,41	0,48	0,57	0,67	0,79	0,93	1,05	1,20	1,39	v	
22	G	117	212	394	766	1.418	2.630	4.899	7.863	12.898	22.291	G	
	v	0,37	0,43	0,51	0,60	0,71	0,83	0,98	1,11	1,27	1,46	v	
24	G	123	222	414	805	1.490	2.764	5.148	8.264	13.555	23.428	G	
	v	0,39	0,45	0,53	0,63	0,74	0,88	1,03	1,17	1,33	1,54	v	
26	G	128	233	434	843	1.560	2.894	5.389	8.651	14.190	24.524	G	
	v	0,40	0,47	0,56	0,66	0,78	0,92	1,08	1,22	1,39	1,61	v	
28	G	134	243	453	879	1.627	3.019	5.622	9.025	14.803	25.585	G	
	v	0,42	0,49	0,58	0,69	0,81	0,96	1,13	1,28	1,45	1,68	v	
30	G	139	253	471	914	1.693	3.140	5.848	9.388	15.399	26.614	G	
	v	0,44	0,51	0,60	0,72	0,85	1,00	1,17	1,33	1,51	1,75	v	
35	G	152	276	514	999	1.849	3.429	6.387	10.252	16.817	29.064	G	
	v	0,48	0,56	0,66	0,79	0,92	1,09	1,28	1,45	1,65	1,91	v	
40	G	164	298	555	1.078	1.995	3.701	6.893	11.065	18.150	31.369	G	
	v	0,52	0,60	0,71	0,85	1,00	1,17	1,38	1,57	1,78	2,06	v	
45	G	176	319	593	1.153	2.134	3.959	7.373	11.836	19.414	33.553	G	
	v	0,55	0,65	0,76	0,91	1,07	1,26	1,48	1,67	1,91	2,20	v	
50	G	187	338	630	1.224	2.267	4.205	7.831	12.570	20.618	35.635	G	
	v	0,59	0,69	0,81	0,96	1,13	1,33	1,57	1,78	2,03	2,34	v	
60	G	207	376	700	1.359	2.516	4.666	8.691	13.950	22.882	39.548	G	
	v	0,65	0,76	0,90	1,07	1,26	1,48	1,74	1,97	2,25	2,60	v	
70	G	226	410	764	1.484	2.747	5.096	9.491	15.235	24.989	43.189	G	
	v	0,71	0,83	0,98	1,17	1,37	1,62	1,90	2,16	2,46	2,84	v	
80	G	244	443	825	1.602	2.965	5.500	10.243	16.443	26.971	46.614	G	
	v	0,77	0,90	1,06	1,26	1,48	1,74	2,05	2,33	2,65	3,06	v	
90	G	261	473	882	1.713	3.171	5.883	10.957	17.587	28.849	49.859	G	
	v	0,82	0,96	1,13	1,35	1,59	1,87	2,20	2,49	2,83	3,27	v	
100	G	277	503	937	1.819	3.368	6.248	11.637	18.679	30.639	52.953	G	
	v	0,87	1,02	1,20	1,43	1,68	1,98	2,33	2,64	3,01	3,48	v	

Tabella 7 Perdite di carico distribuite. Tubi in POLIPROPILENE (temp. acqua = 50 °C)

r = perdite di carico continue, mm c.a./m					G = portate, l/h					v = velocità, m/s				
r	Øe	14	16	20	26	32	40	50	63	75	90	110	Øe	
	Øi	10	11,5	15	20	26	33	42	51	60	73	90	Øi	
2	G	25	37	76	166	339	647	1.244	2.108	3.277	5.580	9.849	G	
	v	0,09	0,10	0,12	0,15	0,18	0,21	0,25	0,29	0,32	0,37	0,43	v	
4	G	38	55	113	247	503	961	1.849	3.132	4.869	8.291	14.636	G	
	v	0,13	0,15	0,18	0,22	0,26	0,31	0,37	0,43	0,48	0,55	0,64	v	
6	G	47	69	143	311	634	1.212	2.331	3.949	6.139	10.453	18.452	G	
	v	0,17	0,19	0,22	0,28	0,33	0,39	0,47	0,54	0,60	0,69	0,81	v	
8	G	56	82	168	367	748	1.428	2.748	4.655	7.235	12.321	21.748	G	
	v	0,20	0,22	0,26	0,32	0,39	0,46	0,55	0,63	0,71	0,82	0,95	v	
10	G	63	93	191	417	849	1.622	3.122	5.288	8.219	13.997	24.706	G	
	v	0,22	0,25	0,30	0,37	0,44	0,53	0,63	0,72	0,81	0,93	1,08	v	
12	G	70	103	212	462	943	1.800	3.465	5.868	9.122	15.534	27.419	G	
	v	0,25	0,28	0,33	0,41	0,49	0,58	0,69	0,80	0,90	1,03	1,20	v	
14	G	77	112	231	505	1.029	1.966	3.784	6.409	9.962	16.964	29.944	G	
	v	0,27	0,30	0,36	0,45	0,54	0,64	0,76	0,87	0,98	1,13	1,31	v	
16	G	83	121	250	545	1.111	2.122	4.084	6.917	10.752	18.309	32.318	G	
	v	0,29	0,32	0,39	0,48	0,58	0,69	0,82	0,94	1,06	1,22	1,41	v	
18	G	89	130	267	583	1.188	2.270	4.368	7.398	11.500	19.584	34.568	G	
	v	0,31	0,35	0,42	0,52	0,62	0,74	0,88	1,01	1,13	1,30	1,51	v	
20	G	94	138	284	619	1.262	2.411	4.639	7.857	12.214	20.799	36.713	G	
	v	0,33	0,37	0,45	0,55	0,66	0,78	0,93	1,07	1,20	1,38	1,60	v	
22	G	100	146	299	654	1.333	2.546	4.899	8.297	12.898	21.963	38.768	G	
	v	0,35	0,39	0,47	0,58	0,70	0,83	0,98	1,13	1,27	1,46	1,69	v	
24	G	105	153	315	687	1.401	2.675	5.148	8.720	13.555	23.083	40.744	G	
	v	0,37	0,41	0,49	0,61	0,73	0,87	1,03	1,19	1,33	1,53	1,78	v	
26	G	110	160	329	719	1.466	2.801	5.389	9.128	14.190	24.163	42.651	G	
	v	0,39	0,43	0,52	0,64	0,77	0,91	1,08	1,24	1,39	1,60	1,86	v	
28	G	114	167	344	750	1.530	2.922	5.622	9.523	14.803	25.208	44.496	G	
	v	0,40	0,45	0,54	0,66	0,80	0,95	1,13	1,29	1,45	1,67	1,94	v	
30	G	119	174	358	781	1.591	3.039	5.848	9.906	15.399	26.222	46.286	G	
	v	0,42	0,46	0,56	0,69	0,83	0,99	1,17	1,35	1,51	1,74	2,02	v	
35	G	130	190	390	853	1.738	3.319	6.387	10.818	16.817	28.636	50.548	G	
	v	0,46	0,51	0,61	0,75	0,91	1,08	1,28	1,47	1,65	1,90	2,21	v	
40	G	140	205	421	920	1.875	3.582	6.893	11.676	18.150	30.907	54.556	G	
	v	0,50	0,55	0,66	0,81	0,98	1,16	1,38	1,59	1,78	2,05	2,38	v	
45	G	150	219	451	984	2.006	3.832	7.373	12.489	19.414	33.059	58.354	G	
	v	0,53	0,59	0,71	0,87	1,05	1,24	1,48	1,70	1,91	2,19	2,55	v	
50	G	159	233	479	1.045	2.131	4.069	7.831	13.264	20.618	35.110	61.975	G	
	v	0,56	0,62	0,75	0,92	1,11	1,32	1,57	1,80	2,03	2,33	2,71	v	
60	G	177	258	531	1.160	2.364	4.516	8.691	14.721	22.882	38.966	68.780	G	
	v	0,63	0,69	0,84	1,03	1,24	1,47	1,74	2,00	2,25	2,59	3,00	v	
70	G	193	282	580	1.267	2.582	4.932	9.491	16.076	24.989	42.554	75.114	G	
	v	0,68	0,75	0,91	1,12	1,35	1,60	1,90	2,19	2,46	2,82	3,28	v	
80	G	208	304	626	1.367	2.787	5.323	10.243	17.351	26.971	45.928	81.069	G	
	v	0,74	0,81	0,98	1,21	1,46	1,73	2,05	2,36	2,65	3,05	3,54	v	
90	G	223	326	670	1.462	2.981	5.694	10.957	18.559	28.849	49.125	86.713	G	
	v	0,79	0,87	1,05	1,29	1,56	1,85	2,20	2,52	2,83	3,26	3,79	v	
100	G	237	346	711	1.553	3.166	6.047	11.637	19.710	30.639	52.174	92.094	G	
	v	0,84	0,92	1,12	1,37	1,66	1,96	2,33	2,68	3,01	3,46	4,02	v	

### 3 IMPIANTO A PANNELLI SOLARI

#### 3.1 PREMESSA

Il presente capitolo descrive i criteri e le modalità di calcolo adottati nel dimensionamento dell'impianto solare termico per la copertura del fabbisogno termico per l'acqua calda ad uso sanitario e riscaldamento. I valori di fabbisogno termico per la produzione di ACS e RISCALDAMENTO sono stati estratti dai calcoli ex legge 10 allegati al progetto.

*La procedura di calcolo utilizzata fa riferimento a diverse norme tecniche in vigore a livello europeo e nazionale, tra cui si citano la UNI TR 11328-1 e la UNI 10349 per la valutazione dell'irradiazione incidente sui pannelli, la UNI EN 15316-4-3 ed il progetto di norma UNI TS 11300 parte 4 per il calcolo della produzione energetica da fonte solare e le UNI EN 12975, 12976 e 12977 per la valutazione dei parametri tecnici dei pannelli solari termici.*

#### 3.2 METODOLOGIA DI CALCOLO DELLA POTENZA MEDIA ORARIA UTILE

Per il calcolo della potenza media oraria utile da fonte solare, qualora sia prevista l'installazione di un campo solare termico per la struttura oggetto di analisi, si è proceduto come segue:

- Creazione di una distribuzione oraria della radiazione solare incidente su una superficie orientata secondo un angolo azimutale pari a 0° e un angolo di tilt di 30° (coincidente con l'orientazione dei pannelli solari). Tale distribuzione è stata ricavata per ogni mese riferendosi al 15-esimo giorno.
- Calcolo della potenza oraria utile tenendo conto da un lato della potenza radiante incidente nell'ora e dall'altro della temperatura di ingresso del fluido termovettore nei pannelli e , quindi, del rendimento di questi ultimi.
- Calcolo della potenza utilizzata ovvero della potenza utile effettivamente impiegata.

Nella creazione di una distribuzione oraria si è considerato per ogni mese la radiazione media complessivamente incidente  $I_{tot}$  per una superficie dell'inclinazione considerata. Tali dati sono stati ricavati a partire dai dati riportati nella UNI 10349. Ipotizzando allora una distribuzione sinusoidale della radiazione e nota la durata del giorno solare  $T$  per il giorno del mese e l'inclinazione della superficie in questione si è scelta una funzione del tipo:

$$I(\tau) = I_{\max, mese} \cdot \sin(\omega\tau + \phi)$$

Dove:

$I(\tau)$  radiazione solare incidente nell'ora  $\tau$  ( $W/m^2$ )

$I_{max, mese}$  radiazione massima giornaliera ( $W/m^2$ )

$\omega$  pulsazione angolare pari a ( $rad/s$ )

$$\omega = \frac{\pi}{T}$$

$\varphi$  sfasamento ( $rad$ )

La radiazione massima giornaliera è banalmente ricavabile dalla soluzione dell'integrale:

$$I_{tot} = \int_0^T I_{max, mese} \cdot \sin(\omega\tau) d\tau$$

Costruito quindi il profilo della radiazione solare per il giorno tipo del mese si è poi proceduto con il calcolo dell'energia effettivamente utilizzabile tenendo conto del rendimento del collettore:

$$I_{utile}(\tau) = I(\tau) \cdot \left( \eta_0 - k_1 \cdot \frac{\Delta T}{Eg} - k_2 \cdot \frac{\Delta T^2}{Eg} \right)$$

Dove:

$\eta_0$  rendimento ottico del collettore

$k_1, k_2$  coefficienti caratteristici del collettore ( $W/m^2K^2$ )

$\Delta T$  differenza tra la temperatura ambiente (considerata pari alla temperatura media mensile per il mese in questione secondo UNI 10349) e la temperatura media del fluido termovettore ( $^{\circ}C$ )

$Eg$  irraggiamento globale ( $W/m^2$ )

### 3.3 IL PANNELLO SOLARE PIANO TIPO

Sulla base della stima del fabbisogno annuo di acqua calda sanitaria, si procede a determinare la superficie di pannelli in grado di coprire metà di tale fabbisogno. A tale scopo si è fatto ricorso al metodo della Carta-f. Tale metodologia semiempirica, ampiamente descritta nella norma UNI 8477-2:1985 parte dalla conoscenza di valori medi mensili che risultano facilmente disponibili quali la radiazione giornaliera media mensile (componenti diretta e diffusa) incidente su Trinitapoli, reperibile dalla norma UNI 10349.

Per il dimensionamento del collettore solare si è provveduto a calcolare la producibilità di energia termica su base mensile realizzabile nella località di installazione dell'impianto.

E' stato adottato un pannello tipo per l'esecuzione dei calcoli con le seguenti caratteristiche tecniche:



assorbimento energetico pari al 95% ed emissione al 4%;

composto da piastra captante in alluminio con finitura selettiva in TiNOx Energy Al. Sulla piastra è saldato al laser un serpentino a meandro in rame che contiene il fluido termovettore per il trasferimento di calore al sistema;

isolamento in lana di roccia, di spessore 50 mm nella parte inferiore e 9 mm lateralmente, garantisce un elevato rendimento anche in presenza di alta salti termici fra temperatura media di lavoro del fluido termovettore e temperatura ambiente.

#### DATI TECNICI

COLLETTORE SOLARE		CSA 25 R
Superficie complessiva	m <sup>2</sup>	2,57
Superficie di apertura	m <sup>2</sup>	2,29
Superficie effettiva assorbitoria	m <sup>2</sup>	2,15
Collegamenti	DN	18
Peso a vuoto	kg	44
Contenuto liquido	l	1,35
Portata consigliata per m <sup>2</sup> di pannello	l/h	30
Tipo di vetro - Spessore		vetro di sicurezza con superficie antiriflesso - 4 mm
Assorbimento ( $\alpha$ )	%	~95
Emissioni ( $\epsilon$ )	%	~4
Pressione massima ammessa	bar	10
Temperatura di stagnazione	°C	198
Capacità termica (*)	kJ/K	6,8
IAML = IAMT (50°)		0,87
Potenza di picco (**)	W	1788
Massimo numero di pannelli collegabili in serie	n°	12

(\*) Capacità termica specifica C del collettore senza fluido, determinato adeguato a 6.1.6.2 del EN 12975-2:2008.

(\*\*) Potenza di picco secondo EN 12975. Ai fini INAIL la potenza di picco dovrà essere determinato dal progettista in base alla zona climatica, orientamento del collettore, inclinazione dello stesso, salto termico di lavoro, ecc.

### 3.4 RISULTATI DI CALCOLO

#### PARAMETRI CLIMATICI

I parametri climatici sono calcolati con riferimento alle UNI TR 11328-1 e UNI 10349.

Il diagramma, disegnato per la località di riferimento, solare descrive il moto apparente del sole nella volta celeste. In ascisse si riporta l'angolo azimutale rispetto alla direzione SUD, positivo verso OVEST e negativo verso EST. In ordinate è riportata l'altezza solare sull'orizzonte. Nel diagramma sono riportati i percorsi del sole durante i 12 mesi dell'anno, simmetrici rispetto all'asse verticale, e le linee orarie.

#### COMUNE DI RIFERIMENTO E POSIZIONAMENTO DEL PANNELLO

Comune: Trinitapoli (BT)

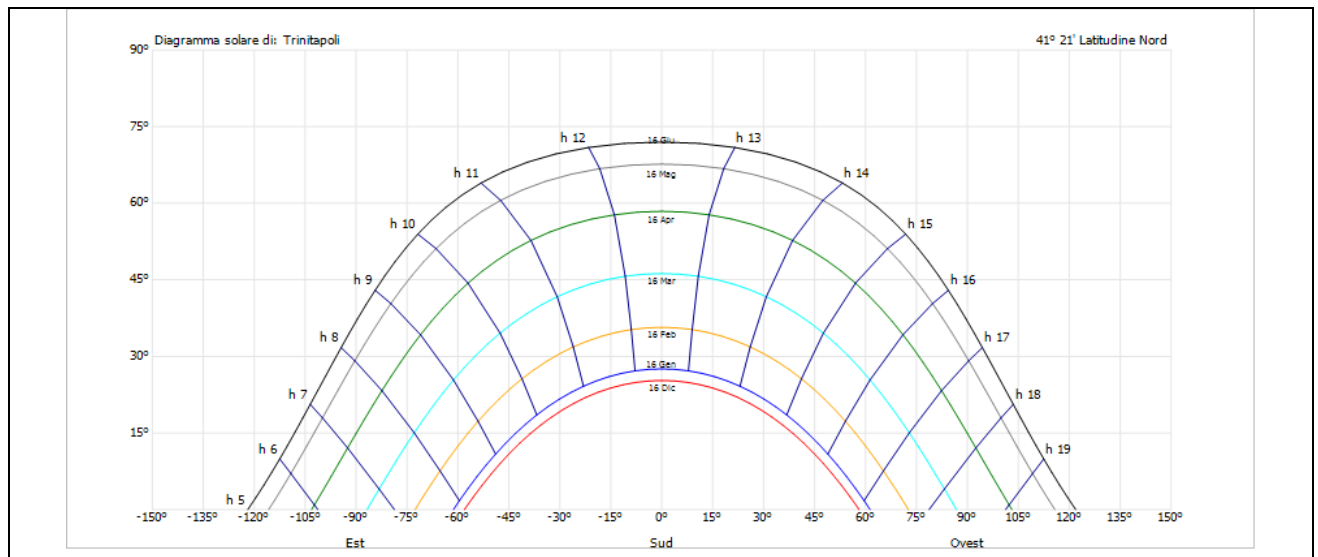
Latitudine  $\varphi$ : 41° 21' °

Riflettanza  $\rho$ : 0,27

Azimut della superficie rispetto al sud  $\gamma$ : 0,00 °

Inclinazione superficie sul piano orizzontale  $\beta$ : 45,00 °

#### DIAGRAMMA SOLARE SENZA OMBREGGIAMENTI



#### PARAMETRI SOLARI

Mese	Giorno dell'anno di riferimento per ogni mese n	Declinazione solare media mensile $\delta$	Angolo orario medio mensile all'alba $-\omega_s$	Angolo orario medio mensile al tramonto $\omega_s$	Angolo orario medio mensile all'apparire del sole $\omega'$	Angolo orario medio mensile allo scomparire del sole $\omega''$	Durata media mensile del soleggiamento D
	-	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[h]
Gennaio	17	-20,92	-70,34	70,34	-70,34	70,34	9 e 22'
Febbraio	47	-12,95	-78,32	78,32	-78,32	78,32	10 e 26'
Marzo	75	-2,42	-87,87	87,87	-87,87	87,87	11 e 42'
Aprile	105	9,41	-98,39	98,39	-89,39	89,39	13 e 7'
Maggio	135	18,79	-107,43	107,43	-88,76	88,76	14 e 19'
Giugno	162	23,09	-112,03	112,03	-88,44	88,44	14 e 56'

Luglio	198	21,18	-109,94	109,94	-88,58	88,58	14 e 39'
Agosto	228	13,45	-102,15	102,15	-89,13	89,13	13 e 37'
Settembre	258	2,22	-91,95	91,95	-89,86	89,86	12 e 15'
Ottobre	288	-9,60	-81,44	81,44	-81,44	81,44	10 e 51'
Novembre	318	-18,91	-72,45	72,45	-72,45	72,45	9 e 39'
Dicembre	344	-23,05	-68,01	68,01	-68,01	68,01	9 e 4'

## IRRADIAZIONE

Mese	Irradiazione diffusa giornaliera media mensile $H_d$ [MJ/m <sup>2</sup> ]	Irradiazione diretta giornaliera media mensile $H_{bh}$ [MJ/m <sup>2</sup> ]	Irradiazione totale giornaliera media mensile $H_h$ su piano orizzontale [MJ/m <sup>2</sup> ]	Coefficient e $R_b$ [-]	Coefficient e $R$ [-]	Irradiazione giornaliera media mensile $E$ sul piano inclinato orientato [MJ/m <sup>2</sup> ]	Irradiazione solare mensile $E$ sul piano inclinato orientato [MJ/m <sup>2</sup> ]
Gennaio	2,90	3,40	6,30	2,44	1,75	11,03	341,9
Febbraio	3,90	5,70	9,60	1,89	1,51	14,49	405,6
Marzo	5,30	8,50	13,80	1,42	1,24	17,10	530,2
Aprile	6,50	12,70	19,20	1,05	1,03	19,70	591,0
Maggio	7,30	16,20	23,50	0,85	0,89	20,89	647,6
Giugno	7,50	18,10	25,60	0,77	0,83	21,29	638,7
Luglio	6,80	19,70	26,50	0,80	0,85	22,64	702,0
Agosto	6,20	16,90	23,10	0,96	0,97	22,41	694,9
Settembre	5,30	12,30	17,60	1,26	1,17	20,67	620,2
Ottobre	4,10	8,20	12,30	1,72	1,47	18,07	560,1
Novembre	3,10	4,50	7,60	2,28	1,74	13,20	396,1
Dicembre	2,60	3,10	5,70	2,64	1,87	10,64	329,7
TOTALE	-	-	-	-	-	-	6 458,0

## PARAMETRI DEL CIRCUITO SOLARE

I parametri relativi ai collettori solari ed al circuito associato sono forniti in conformità alle specifiche tecniche contenute nelle norme UNI EN 12975, 12976 e 12977.

### PARAMETRI GEOMETRICI DEL COLLETTORE

Superficie esterna: **2,61 m<sup>2</sup>**

Superficie assorbente: **2,20 m<sup>2</sup>**

Superficie totale di captazione: **17,60 m<sup>2</sup>**

Azimut della superficie rispetto al sud  $\gamma$ : **0,00 °**

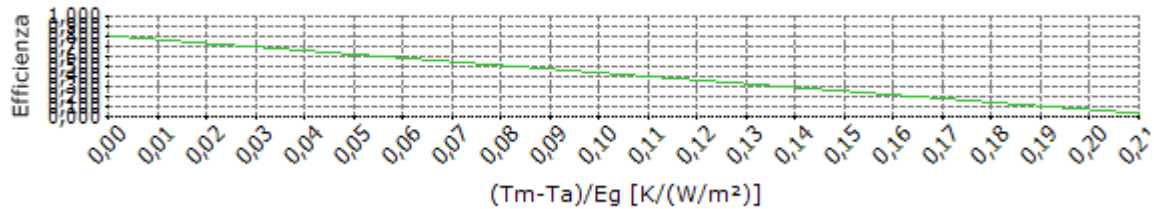
Superficie d'apertura: **2,20 m<sup>2</sup>**

Numero di pannelli: **8**

Inclinazione della superficie sul piano orizzontale  $\beta$ : **45,00 °**



## Rendimento del collettore



Il diagramma di rendimento del pannello rappresenta l'efficienza di conversione secondo l'equazione di rendimento della UNI EN 12975.

### DETTAGLI TECNICI DEL PANNELLO SOLARE

Rendimento del collettore a perdite nulle  $\eta_0$ : **0,81**

Coefficiente di perdita globale del I ordine  $a_1$ : **3,6800**

Massima temperatura d'esercizio: **0,0 °C**

Coeff. di correzione dell'angolo di incidenza IAM: **0,95**

Coefficiente di perdita globale del II ordine:  $a_2$ : **0,0072**

Temperatura di stagnazione: **0,0 °C**

### DETTAGLI TECNICI DEL CIRCUITO SOLARE

Coefficiente dello scambiatore  $(U_{st})_{hx}$ : **- W/K**

Rendimento del circuito solare  $\eta_{loop}$ : **0,80**

Coeff. globale di perdita del circuito  $U_{loop}$ : **4,752 W/(m²K)**

### DATI RELATIVI AL SERBATOIO DI ACCUMULO

Tipologia di circuito: **Preriscaldamento Solare**

Capacità nominale del serbatoio  $V_n$ : **975,4 l**

Coeff. di dispersione termica del serbatoio  $K_{bol}$ : **2,5 W/K**

Spessore dello strato di isolante  $d_s$ : **100 mm**

Temperatura media di accumulo  $\vartheta_s$ : **60,0 °C**

Ubicazione: **Centrale termica**

Frazione del volume di accumulo utilizzata per sistemi di back-up  $f_{aux}$ :

Capacità assegnata al sistema di back-up  $V_{bu}$ : **- l**

Superficie esterna del serbatoio  $S_s$ : **5,9 m²**

Conduttività dello strato di isolante  $\lambda_s$ : **0,042 W/(mK)**

Temperatura ambiente del serbatoio  $\vartheta_{a,s}$ : **Variabile mensilmente °C**

Tipo di integrazione: **-**

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
$f_{aux}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### PARAMETRI TECNICI DEI DISPOSITIVI AUSILIARI

Tipo di circolazione: **Forzata**

Potenza complessiva dei circolatori  $W_{aux}$ : **138,0 W**

**FABBISOGNI PER RISCALDAMENTO E PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA**

I fabbisogni energetici per la produzione di acqua calda sanitaria ed il riscaldamento degli ambienti applicati al circuito solare sono rappresentati dai contributi in uscita dal sistema di distribuzione.

Destinazione dell'impianto a collettori solari termici: Acqua calda sanitaria e Riscaldamento

**FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA PER LA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA**

Tipo di attività: Residenziale

Fabbisogno giornaliero specifico a: 0,00 [l/(giorno)]

Parametro di riferimento  $N_U$  0,0 [l]

Fabbisogno giornaliero d'acqua  $V_W$ : 0,0 [l/giorno]

Temperatura di erogazione dell'acqua calda  $\theta_{er}$ : 40,0 °C

Temperatura di ingresso dell'acqua  $\theta_O$ : 16,2 °C

**DETTAGLI TECNICI DELL'IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA**

Rendimento del sistema di erogazione  $\eta_{er}$ : 0,95

Rendimento del sistema di distribuzione  $\eta_d$ : 0,93

Mese	Fabbisogno netto di energia termica per ACS $Q_{h,W}$ [MJ]	Perdite del sistema di erogazione $Q_{l,er,W}$ [MJ]	Perdite del sistema di distribuzione $Q_{l,d,W}$ [MJ]	Fabbisogno di energia in uscita dal sistema di generazione $Q_{gn,out,W}$ [MJ]	Frazione $P_W$ del fabbisogno applicato all'impianto solare per produzione ACS [%]	Frazione minima richiesta all'impianto solare per produzione ACS [%]
Gennaio	-	-	-	1 642,1	16,3	-
Febbraio	-	-	-	1 513,1	20,1	-
Marzo	-	-	-	2 113,4	70,3	-
Aprile	-	-	-	2 229,2	100,0	-
Maggio	-	-	-	2 221,2	100,0	-
Giugno	-	-	-	2 046,5	100,0	-
Luglio	-	-	-	2 058,4	100,0	-
Agosto	-	-	-	2 068,5	100,0	-
Settembre	-	-	-	2 067,8	100,0	-
Ottobre	-	-	-	2 241,2	100,0	-
Novembre	-	-	-	1 900,4	58,4	-
Dicembre	-	-	-	1 664,2	19,2	-
TOTALE ANNUO	-	-	-	23 766,1	-	50,0

**FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA PER IL RISCALDAMENTO DEGLI AMBIENTI**

Mese	Fabbisogno di energia in uscita dal sistema di generazione $Q_{gn,out,H}$	Frazione $P_H$ del fabbisogno applicato all'impianto solare per riscaldamento	Frazione minima richiesta all'impianto solare per il riscaldamento degli ambienti
------	--	---	---

	[MJ]	[%]	[%]
Gennaio	8 406,7	83,7	-
Febbraio	6 002,9	79,9	-
Marzo	891,2	29,7	-
Aprile	0,0	0,0	-
Maggio	0,0	0,0	-
Giugno	0,0	0,0	-
Luglio	0,0	0,0	-
Agosto	0,0	0,0	-
Settembre	0,0	0,0	-
Ottobre	0,0	0,0	-
Novembre	1 354,0	41,6	-
Dicembre	6 996,0	80,8	-
TOTALE ANNUO	23 650,8	-	35,0

### ENERGIA PRODOTTA DAL SISTEMA SOLARE

Le quote dei fabbisogni di energia termica prodotte dal sistema solare per coprire parte della produzione di acqua calda sanitaria e del riscaldamento degli ambienti sono calcolate mediante il metodo B della norma UNI EN 15316-4-3. Tale metodo, noto come metodo *f-chart*, si applica ai sistemi solari assemblati e dotati di collettore con fluido termovettore acqua.

#### DETTAGLIO DEI PARAMETRI DI CALCOLO

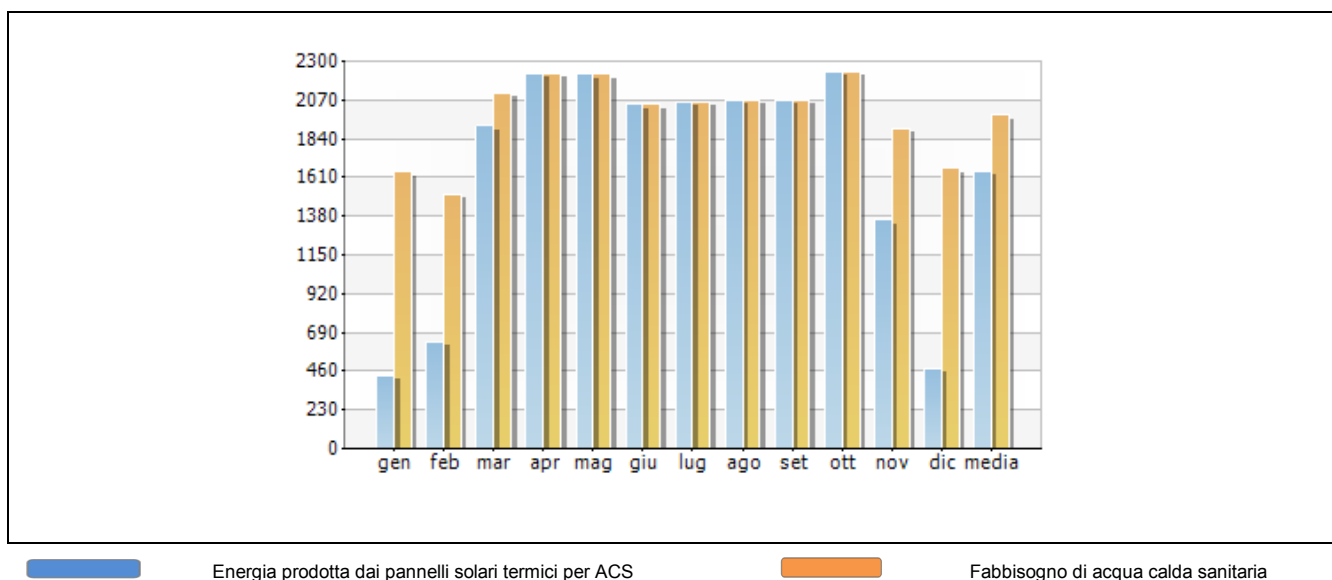
Mese	Salto termico di riferimento per ACS $\Delta T_W$ [°C]	Salto termico di riferimento per riscaldamento $\Delta T_H$ [°C]	Fattore adimensionale $X_W$ [-]	Fattore adimensionale $X_H$ [-]	Fattore adimensionale $Y_W$ [-]	Fattore adimensionale $Y_H$ [-]
Gennaio	105,43	93,20	1,289	1,714	0,367	0,367
Febbraio	103,34	92,30	1,608	2,027	0,582	0,582
Marzo	97,08	89,60	5,719	4,254	1,902	1,902
Aprile	88,26	85,80	7,406	0,000	2,858	0,000
Maggio	78,75	81,70	6,853	0,000	3,143	0,000
Giugno	66,45	76,40	6,074	0,000	3,365	0,000
Luglio	59,96	73,60	5,630	0,000	3,677	0,000
Agosto	61,12	74,10	5,711	0,000	3,622	0,000
Settembre	69,00	77,50	6,242	0,000	3,233	0,000
Ottobre	81,07	82,70	6,991	0,000	2,694	0,000
Novembre	91,97	87,40	4,621	4,035	1,312	1,312
Dicembre	101,95	91,70	1,507	1,940	0,410	0,410

#### PRODUZIONE DI ENERGIA TERMICA DA PANNELLI SOLARI

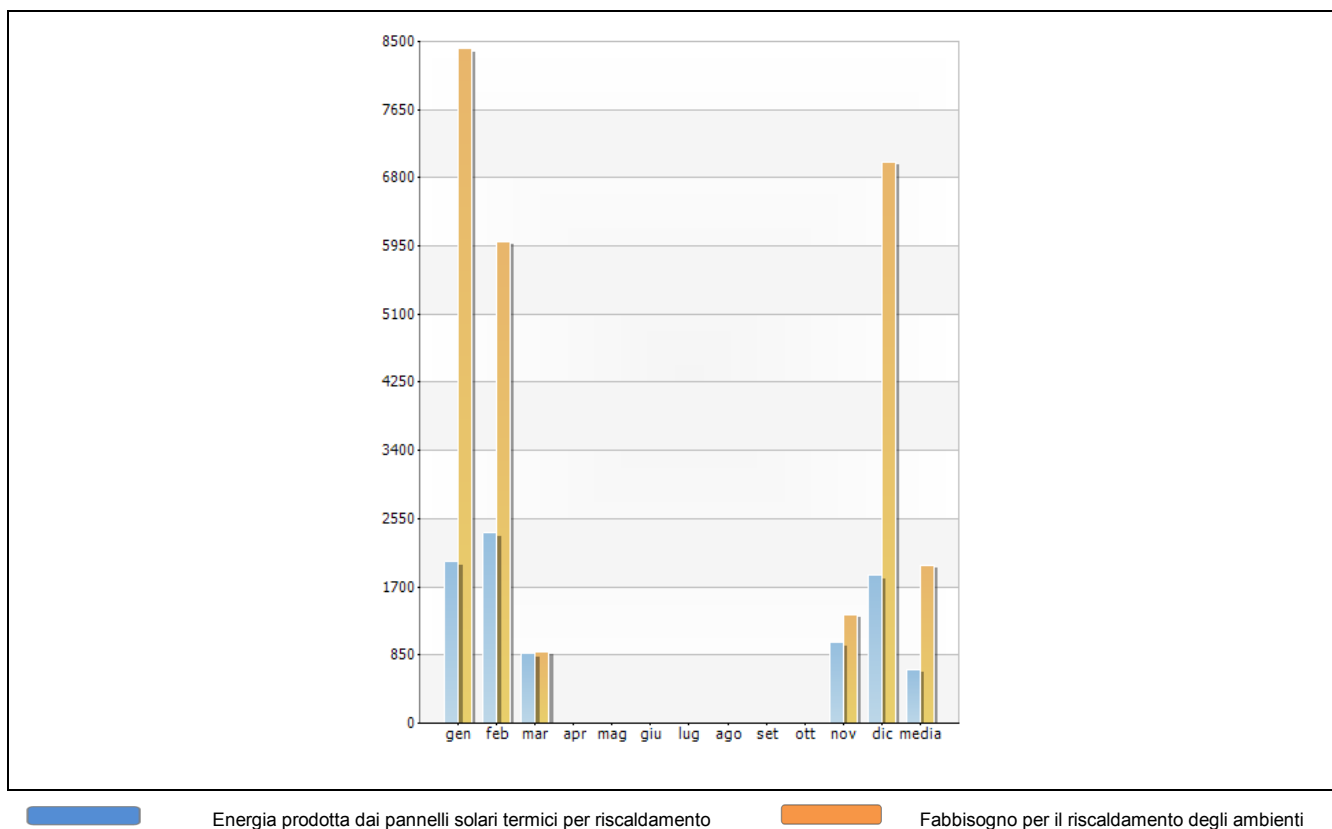
Mese	Energia solare prodotta per produzione ACS $Q_{sol,out,W}$ [MJ]	Energia solare prodotta per riscaldamento $Q_{sol,out,H}$ [MJ]	Frazione di copertura del fabbisogno per la produzione di ACS $f_W$ [%]	Frazione di copertura del fabbisogno per riscaldamento $f_H$ [%]
Gennaio	434,8	2 012,9	26,48	23,94

Febbraio	635,7	2 375,2	42,02	39,57
Marzo	1 914,8	868,9	90,60	97,50
Aprile	2 229,2	0,0	100,00	0,00
Maggio	2 221,2	0,0	100,00	0,00
Giugno	2 046,5	0,0	100,00	0,00
Luglio	2 058,4	0,0	100,00	0,00
Agosto	2 068,5	0,0	100,00	0,00
Settembre	2 067,8	0,0	100,00	0,00
Ottobre	2 241,2	0,0	100,00	0,00
Novembre	1 359,0	1 007,4	71,51	74,41
Dicembre	480,5	1 841,4	28,87	26,32
TOTALE	19 757,6	8 105,7	83,13	34,27

#### DIAGRAMMA DELLE QUOTE DI COPERTURA MENSILI DEL FABBISOGNO DI ACS



### DIAGRAMMA DELLE QUOTE DI COPERTURA MENSILI DEL FABBISOGNO PER RISCALDAMENTO



### FABBISOGNI DI ENERGIA ELETTRICA PER DISPOSITIVI AUSILIARI

Mese	Tempo di funzionamento dei dispositivi ausiliari per produzione ACS $t_{aux,W}$ [h]	Tempo di funzionamento dei dispositivi ausiliari per riscaldamento $t_{aux,H}$ [h]	Fabbisogno di energia elettrica richiesto dai dispositivi ausiliari $Q_{sol,aux}$ [MJ]	Energia termica recuperata dai dispositivi elettrici ausiliari $Q_{sol,aux,lrh}$ [MJ]
Gennaio	16,99	7,39	12,1	0,0
Febbraio	27,50	8,37	17,8	0,0
Marzo	113,41	4,06	58,4	0,0
Aprile	185,72	0,00	92,3	0,0
Maggio	196,94	0,00	97,8	0,0
Giugno	200,73	0,00	99,7	0,0
Luglio	213,48	0,00	106,1	0,0
Agosto	211,32	0,00	105,0	0,0
Settembre	194,89	0,00	96,8	0,0
Ottobre	170,35	0,00	84,6	0,0
Novembre	72,69	2,27	37,2	0,0
Dicembre	19,27	6,88	13,0	0,0
TOTALE	-	-	820,8	0,0

## PERDITE PER DISTRIBUZIONE E ACCUMULO DELL'IMPIANTO SOLARE TERMICO

Mese	Perdite energetiche di accumulo per la produzione di ACS $Q_{W,s,ls}$  [MJ]	Perdite energetiche di accumulo per il riscaldamento $Q_{H,s,ls}$  [MJ]	Perdite energetiche di accumulo attribuibile al sistema di back- up per ACS $Q_{W,s,bu,ls}$  [MJ]	Perdite energetiche di accumulo attribuibile al sistema di back- up per riscaldamento $Q_{H,s,bu,ls}$  [MJ]	Perdite energetiche di accumulo totali per la produzione di ACS $Q_{W,s,ls,tot}$  [MJ]	Perdite energetiche di accumulo totali per il riscaldamento $Q_{H,s,ls,tot}$  [MJ]	Perdite energetiche di distribuzione tra sistema solare e di back-up $Q_{bu,dis,ls}$  [MJ]
Gennaio	85,5	77,3	-	-	52,7	270,0	-
Febbraio	120,2	113,2	-	-	57,6	228,5	-
Marzo	270,6	291,2	-	-	210,1	88,6	-
Aprile	264,4	0,0	-	-	264,4	0,0	-
Maggio	245,7	0,0	-	-	245,7	0,0	-
Giugno	203,5	0,0	-	-	203,5	0,0	-
Luglio	191,5	0,0	-	-	191,5	0,0	-
Agosto	194,9	0,0	-	-	194,9	0,0	-
Settembr e	210,6	0,0	-	-	210,6	0,0	-
Ottobre	252,4	0,0	-	-	252,4	0,0	-
Novembre	196,5	109,0	-	-	157,8	62,4	-
Dicembre	90,3	82,3	-	-	60,1	252,6	-
TOTALE	2 326,0	673,0	-	-	2 101,3	902,1	-

## RECUPERI SULLE PERDITE PER DISTRIBUZIONE E ACCUMULO

Mese	Recupero sulle perdite di accumulo per la produzione di ACS $Q_{W,s,lrh}$  [MJ]	Recupero sulle perdite di accumulo per il riscaldamento $Q_{H,s,lrh}$  [MJ]	Recupero sulle perdite per distribuzione tra sistema solare e di back-up $Q_{bu,dis,lrh}$  [MJ]
Gennaio	-	-	-
Febbraio	-	-	-
Marzo	-	-	-
Aprile	-	-	-
Maggio	-	-	-
Giugno	-	-	-
Luglio	-	-	-
Agosto	-	-	-
Settembre	-	-	-
Ottobre	-	-	-
Novembre	-	-	-
Dicembre	-	-	-
TOTALE	-	-	-

## CALCOLO DELL'IMPIANTO SOLARE TERMICO

Destinazione dell'impianto a collettori solari termici: Acqua calda sanitaria e Riscaldamento

### COMUNE DI RIFERIMENTO E PARAMETRI DEL COLLETTORE

Comune: Trinitapoli (BT)

Latitudine  $\varphi$ : 41° 21' °

Riflettanza  $\rho$ : 0,27

Azimut della superficie rispetto al sud  $\gamma$ : 0,00 °

Inclinazione superficie sul piano orizzontale  $\beta$ : 45,00 °

Superficie totale di captazione: 17,60 m<sup>2</sup>

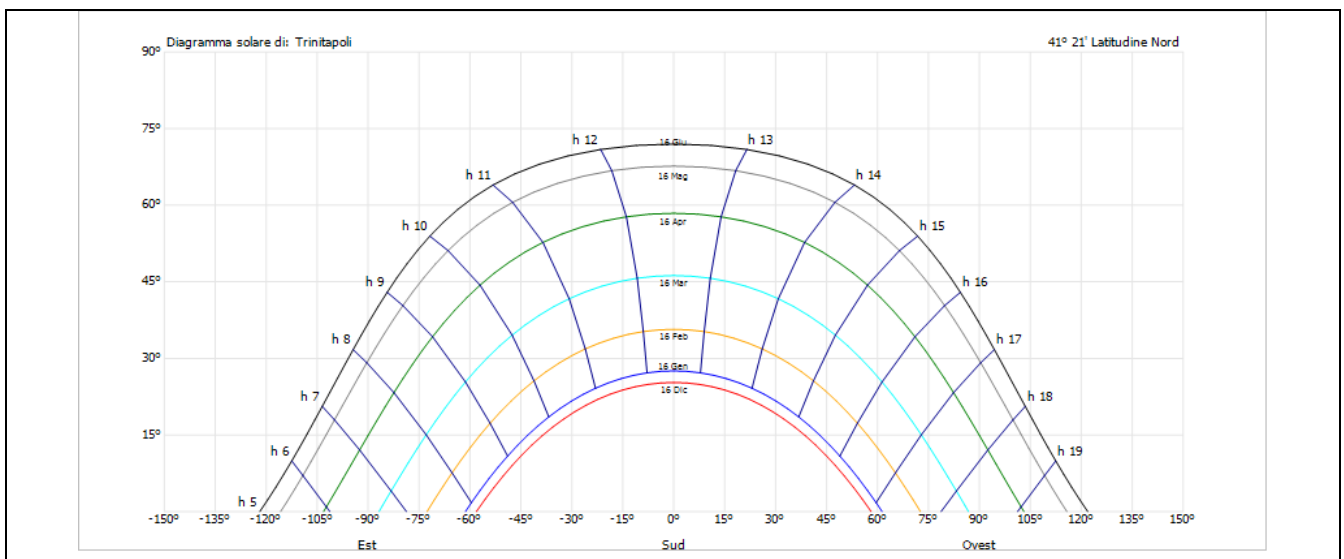
Numero di pannelli: 8

Tipo di collettore: Collettore piano vetrato

Descrizione:

Collettori solari vetrati per installazioni verticali

### DIAGRAMMA SOLARE



### DETTAGLI TECNICI DEL PANNELLO E DEL CIRCUITO SOLARE

Rendimento del collettore a perdite nulle  $\eta_0$ : 0,81

Coeff. di correzione dell'angolo di incidenza IAM: 0,95

Coefficiente di perdita globale del I ordine  $a_1$ : 3,6800

Coefficiente di perdita globale del II ordine:  $a_2$ : 0,0072

Coeff. globale di perdita del circuito  $U_{loop}$ : 4,752 W/(m<sup>2</sup>K)

Rendimento del circuito solare  $\eta_{loop}$ : 0,80

### DATI RELATIVI AL SERBATOIO DI ACCUMULO

Tipologia di circuito: **Preriscaldamento Solare**

Capacità nominale del serbatoio  $V_N$ : **975,4 l**

Capacità assegnata al sistema di back-up  $V_{bu}$ : **- l**

Mese	Irradiazione solare mensile E sul piano inclinato orientato [MJ/m <sup>2</sup> ]	Irradiazione solare mensile E sul piano inclinato orientato con ostruzioni [MJ/m <sup>2</sup> ]	Fabbisogno di energia in uscita dal sistema di generazione $Q_{gn,out,W}$ [MJ]	Frazione minima richiesta all'impianto solare per produzione ACS [%]	Fabbisogno di energia in uscita dal sistema di generazione $Q_{gn,out,H}$ [MJ]	Frazione minima richiesta all'impianto solare per il riscaldamento degli ambienti [%]
Gennaio	341,9	341,9	1 642,1	-	8 406,7	-
Febbraio	405,6	405,6	1 513,1	-	6 002,9	-
Marzo	530,2	530,2	2 113,4	-	891,2	-
Aprile	591,0	591,0	2 229,2	-	0,0	-
Maggio	647,6	647,6	2 221,2	-	0,0	-
Giugno	638,7	638,7	2 046,5	-	0,0	-
Luglio	702,0	702,0	2 058,4	-	0,0	-
Agosto	694,9	694,9	2 068,5	-	0,0	-
Settembre	620,2	620,2	2 067,8	-	0,0	-
Ottobre	560,1	560,1	2 241,2	-	0,0	-
Novembre	396,1	396,1	1 900,4	-	1 354,0	-
Dicembre	329,7	329,7	1 664,2	-	6 996,0	-
TOTALE	6 458,0	6 458,0	23 766,1	-	23 650,8	-

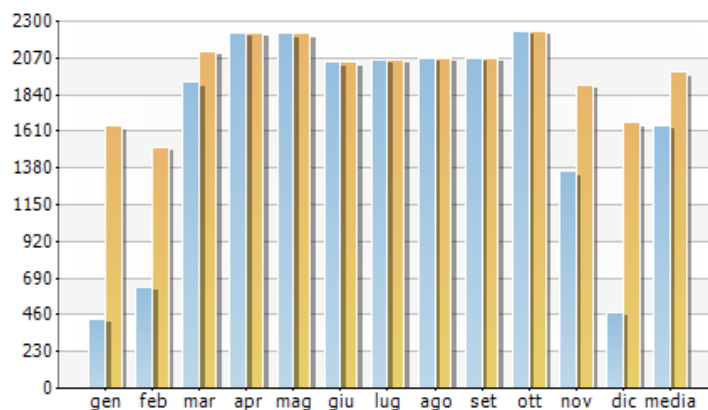
## ENERGIA PRODOTTA DAL SISTEMA SOLARE

### PRODUZIONE DI ENERGIA TERMICA DA PANNELLI SOLARI

Mese	Energia solare prodotta per produzione ACS $Q_{sol,out,W}$ [MJ]	Energia solare prodotta per riscaldamento $Q_{sol,out,H}$ [MJ]	Frazione di copertura del fabbisogno per la produzione di ACS $f_W$ [%]	Frazione di copertura del fabbisogno per riscaldamento $f_H$ [%]
Gennaio	434,8	2 012,9	26,48	23,94
Febbraio	635,7	2 375,2	42,02	39,57
Marzo	1 914,8	868,9	90,60	97,50
Aprile	2 229,2	0,0	100,00	0,00
Maggio	2 221,2	0,0	100,00	0,00
Giugno	2 046,5	0,0	100,00	0,00
Luglio	2 058,4	0,0	100,00	0,00
Agosto	2 068,5	0,0	100,00	0,00
Settembre	2 067,8	0,0	100,00	0,00
Ottobre	2 241,2	0,0	100,00	0,00
Novembre	1 359,0	1 007,4	71,51	74,41
Dicembre	480,5	1 841,4	28,87	26,32
TOTALE	19 757,6	8 105,7	83,13	34,27



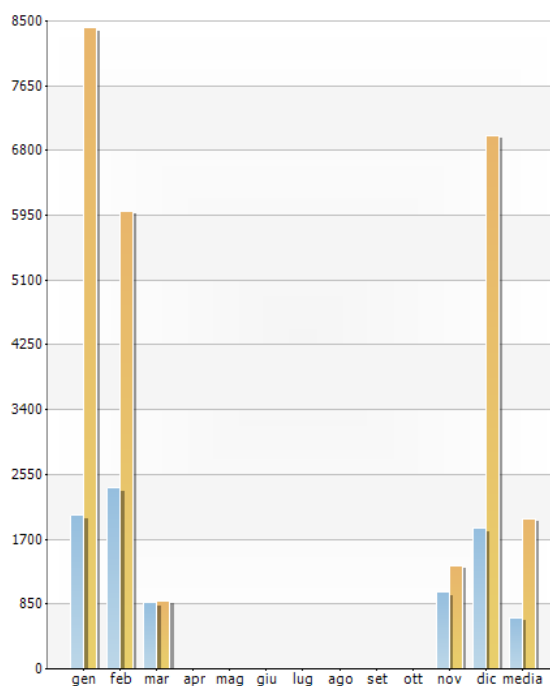
#### DIAGRAMMA DELLE QUOTE DI COPERTURA MENSILI DEL FABBISOGNO DI ACS



Energia prodotta dai pannelli solari termici per ACS

Fabbisogno di acqua calda sanitaria

#### DIAGRAMMA DELLE QUOTE DI COPERTURA MENSILI DEL FABBISOGNO PER RISCALDAMENTO



Energia prodotta dai pannelli solari termici per riscaldamento

Fabbisogno per il riscaldamento degli ambienti

### 3.5 RIEPILOGO

Nel suo complesso l'impianto consta di n.8 collettori piani complessivi. Ogni pannello è caratterizzato da una superficie captante netta di 2,20 m<sup>2</sup>. Il pannello sarà collegato attraverso idoneo scambiatore di calore ai serbatoi di accumulo. L'orientazione a Sud e l'inclinazione prescelta 45°, è tale da massimizzare l'energia risparmiata in tutto l'arco annuale e in modo da minimizzare così la necessità di superficie captante. Il collettore solare sarà ubicato sulla copertura del torrino. Non esistono problemi di ombreggiamento. La copertura garantita è come sotto illustrata:

Energia solare prodotta per produzione ACS $Q_{sol,out,W}$	Fabbisogno di energia in uscita dal sistema di generazione $Q_{gn,out,W}$	Limite di legge [%]	Valore raggiunto [%]
[MJ/anno]	[MJ/anno]		
19 757,6	23 766,1	50 %	<b>83,13%</b>
Energia solare prodotta per riscaldamento $Q_{sol,out,H}$	Fabbisogno di energia in uscita dal sistema di generazione $Q_{gn,out,H}$		
[MJ/anno]	[MJ/anno]		
8 105,7	23 650,8		
Energia solare prodotta H + W	Fabbisogno di energia H + W		
27863,3	47416,9	35 %	<b>58.76 %</b>

L'impianto solare impiegherà come fluido termovettore una miscela di acqua e glicole etilenico in modo da evitare possibili danneggiamenti all'impianto stesso.

## 4 RETI IDRICO SANITARIE E SCARICHI

### 4.1 RETI IDRICO SANITARIE

#### 4.1.1 CRITERI GENERALI DI PROGETTO PER LE RETI IDRICO SANITARIE

La rete di distribuzione è alimentata con acqua calda proveniente dai serbatoi di accumulo centralizzati e valvola miscelatrice termostatica a 48 °C circa ed è coibentata con guaina elastomerica negli spessori previsti dalla legge (DPR 412 -'93), in modo da ridurre la dispersione del calore e contenere il salto termico massimo entro 2 °C tra il punto di produzione e l'utenza. La distribuzione a colonne montanti sarà realizzata con tubazioni in polipropilene fino al collettore interno ad ogni appartamento. La distribuzione secondaria interna dei bagni sarà in multistrato a pavimento per la distribuzione alle singole utenze. La coibentazione delle tubazioni di acqua fredda è stata prevista per evitare eventuali, possibili fenomeni di condensa sulle tubazioni stesse.

#### 4.1.2 DIMENSIONAMENTO DELLE RETI IDRICO SANITARIE

Il dimensionamento della rete idrico sanitaria è stata effettuata seguendo per quanto possibile i criteri forniti dalla UNI 9182 - Edilizia - Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua fredda e calda - Criteri di progettazione, collaudo e gestione.

#### 4.1.3 CALCOLO DELLE PORTATE

Alle utenze sanitarie sono garantite le seguenti portate nominali, pressioni e dimensioni degli attacchi (sia in erogazione fredda che eventualmente calda).

Apparecchio	Portata acqua	Pressione minima
	l/s	kPa
Lavabi	0,10	50
Bidet	0,10	50
Vasi a cassetta	0,10	50
Doccia	0,15	50
Lavello da cucina	0,10	50
Lavabiancheria	0,15	50
Lavastoviglie	0,20	50
Idratino ¾"	0,60	100

Il dimensionamento della rete si effettua nelle condizioni di esercizio più gravose e si basa sul calcolo della portata d'acqua massima contemporanea.

#### 4.1.4 DIMENSIONAMENTO DELLE TUBAZIONI

Una volta calcolato la portata massima contemporanea di acqua fredda e acqua calda secondo norma UNI 9182, per ogni tratto è possibile calcolare i diametri delle tubazioni corrispondenti ricorrendo al diagramma riportato. La curva 1 di tale diagramma si utilizza quando sono disponibili basse pressioni di rete e si vogliono ottenere basse cadute di pressione; viceversa la curva 2 si utilizza quando sono disponibili pressioni rilevanti in rete e si possono avere cadute di pressione più elevate. Il diagramma fornisce il valore del diametro della tubazione in pollici.

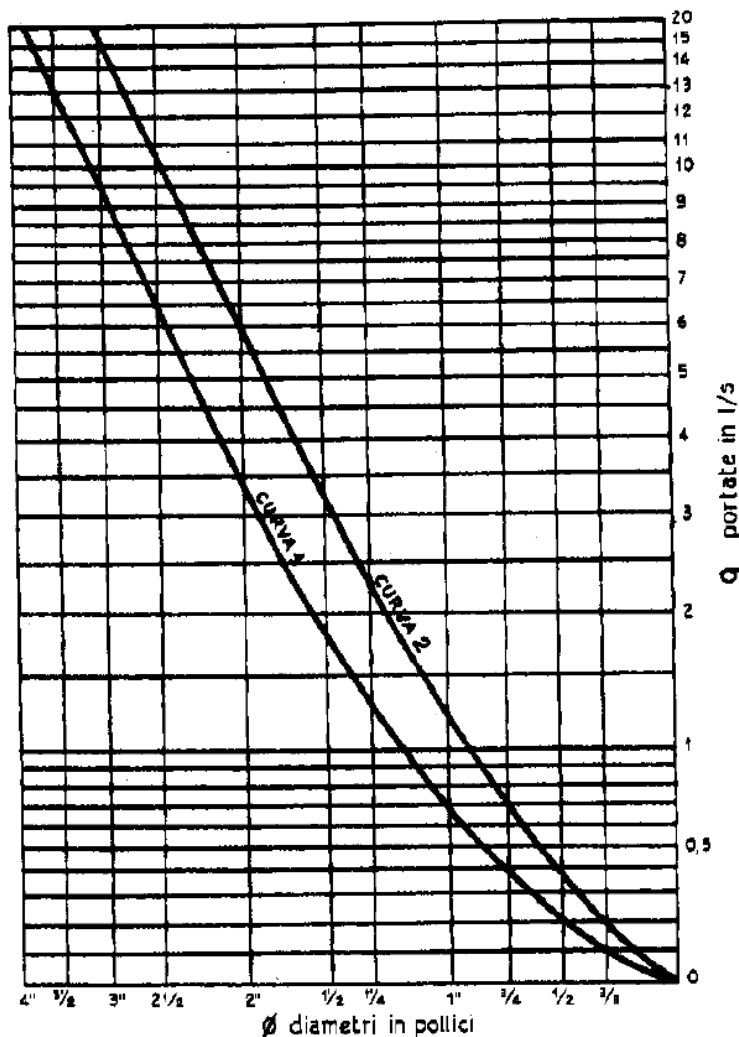


Diagramma per il calcolo rapido del diametro delle tubazioni.

Con tale dimensionamento delle tubazioni la velocità dell'acqua nei tubi normalmente rientra nei valori massimi di riferimento riportati nella seguente tabella.

Diametro Tratto	Velocità massima
Pollici	[m/s]
1/2"	0.7
3/4"	0.9
1"	1.2
1 1/4"	1.5
1 1/2"	1.7
2"	2
2 1/2"	2.3
3"	2.4
4"	2.5
Oltre 4"	2.5

Per le tubazioni passanti in ambienti occupati, per contenere di avere problemi di rumore nelle tubazioni, è buona norma non superare la velocità massima di 1,0 m/s

#### 4.1.5 CALCOLO DELLA RETE DI RICIRCOLO DELL'ACQUA CALDA.

Lo scopo della rete di ricircolo è quella di mantenere l'erogazione dell'acqua calda costantemente alla temperatura di progetto e di consentire che l'erogazione della stessa avvenga prima di una fuoriuscita massima di 1.5 litri. Infatti l'acqua è utilizzata in modo discontinuo e, se non si prevedesse una rete di ricircolo, l'acqua stagnerebbe nelle tubazioni e si raffredderebbe eccessivamente.

La procedura di calcolo completa per il dimensionamento della rete di ricircolo deve tener conto dei seguenti fattori:

- perdita di carico della rete;
- dispersione di calore;
- eventuali temperature di esercizio differenti.

Il calcolo della dispersione di calore può essere reso più agevole facendo alcune ipotesi semplificative.

In primo luogo è conveniente assumere un valore fisso per il flusso di calore che passa dal tubo all'ambiente nell'ipotesi di tubo non isolato, indipendentemente dalle dimensioni del tubo, dalla portata e da tutti gli altri parametri che influenzano questo valore. Come valore di riferimento per flusso termico specifico si è assunto il valore di  $12 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$ .

È inoltre possibile valutare l'effetto dell'isolamento termico del tubo (in genere 2÷3 cm di materiale con ottime proprietà isolanti secondo le disposizioni di legge) come un abbattimento, in percentuale, della dispersione del tubo non isolato. Una buona approssimazione del reale contributo dell'isolante si ottiene valutando l'abbattimento pari all'85 %.

Infine è molto vantaggioso in termini di semplicità di calcolo, nonché poco influente in termini di risultato finale, ipotizzare che la temperatura dell'acqua all'interno della tubazione sia costante in tutta la rete e pari a quella in partenza dalla sottocentrale.

Con queste ipotesi semplificative il calore disperso nelle tubazioni è:

$$q_{\text{disperso}} = 12 \cdot 0.15 \cdot S_{\text{tubo}} (t_{\text{sottocentrale}} - t_{\text{esterno}}) \text{ (W)}$$

dove:

$S_{\text{tubo}}$  = superficie esterna del tubo senza isolamento ( $\text{m}^2$ );

$t_{\text{sottocentrale}}$  = temperatura dell'acqua all'uscita della sottocentrale ( $^\circ\text{C}$ );

$t_{\text{ambiente}}$  = temperatura dell'ambiente esterno ( $^\circ\text{C}$ ); si è soliti considerare  $20 \text{ } ^\circ\text{C}$  per i tubi incassati nelle murature e  $10^\circ\text{C}$  per i tubi correnti in vista nei cantinati.

Assunta la differenza ammessa di temperatura  $\Delta t$  dell'acqua fra la partenza in sottocentrale e l'utenza più sfavorita si può determinare la portata di ricircolo con la seguente:

$$G_{\text{ricircolo}} = \frac{q_{\text{disperso}}}{c_{\text{H}_2\text{O}} \Delta t} \text{ (l/s)}$$

dove:

$c_{\text{H}_2\text{O}}$  = calore specifico dell'acqua ( $c_{\text{H}_2\text{O}} = 4187 \text{ J/kgK}$ ).

Il dimensionamento delle tubazioni della rete di ricircolo avviene con i metodi illustrati in precedenza.

#### 4.1.6 CALCOLO DELLA PRESSIONE DI ESERCIZIO

La pressione di esercizio è sempre compresa fra due valori limite: la pressione di esercizio minima e la pressione di esercizio massima.

La pressione di esercizio minima è la pressione che assicura a tutte le utenze le portate massime contemporanee di progetto. Si calcola utilizzando la seguente formula:

$$p_{\text{min}} = \Delta h_{\text{max}} + p_{\text{utente}} + \Delta p_{\text{cont.}+\text{local.}}$$

dove:

$\Delta h_{max}$  = pressione corrispondente alla differenza di quota tra l'utenza situata nel punto più alto e l'alimentazione;

$p_{utente}$  = pressione minima da garantire all'utenza;

$\Delta p_{cont.+local.}$  = caduta di pressione nella rete, dovuta alle perdite di carico sia continue che accidentali (in corrispondenza dell'erogazione della portata massima contemporanea).

La pressione di esercizio massima è il valore massimo della pressione per evitare di danneggiare le rubinetterie. Si calcola utilizzando la seguente formula:

$$p_{max} = \Delta h_{min} + p_{rub.}$$

dove:

$\Delta h_{min}$  = pressione corrispondente alla differenza di quota tra l'utenza più vicina all'alimentazione e l'alimentazione stessa;

$p_{rub.}$  = pressione massima ammissibile nei rubinetti (450÷500 kPa).

Il valore della pressione di esercizio massima è in genere il valore delle pressione a monte dell'utenza situata alla quota geometrica più bassa.

## 4.2 RETI DI SCARICO ACQUE REFLUE

Da un punto di vista morfologico, la rete è costituita da colonne di scarico con ventilazione primaria, a cui pervengono le diramazioni di scarico dei vari livelli. Le colonne sono convogliate in pozzetto esterno dal collettore di scarico a livello seminterrato, attraverso percorso a vista.

Da un punto di vista dei materiali le tubazioni di scarico sono in PEHD, per i percorsi a pavimento, del tipo PP multistrato insonorizzate per le colonne montanti.

### 4.2.1 DIMENSIONAMENTO DELLE RETI DI SCARICO ACQUE REFLUE

Il dimensionamento è stato eseguito in accordo alla norma UNI EN 12056-2:2001 (Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici - Impianti per acque reflue, progettazione e calcolo).

Con riferimento al Sistema II della norma UNI EN 12056-2:2001 (Sistema di scarico con colonna di scarico unica e diramazioni di scarico di piccolo diametro), la rete di scarico è in grado di garantire lo smaltimento alle utenze sanitarie le seguenti portate espresse come Unità di Scarico [DU]:

Apparecchio	Unità di scarico [DU] [l/s]	Diametro Scarico [DN]
Lavabo, bidè	0.3	40
Doccia senza tappo	0.4	50
Lavello da cucina	0.6	50
Lavatrice, carico max. 6 kg	0.6	50
WC, capacità cassetta 6,0 l	1.8	110

Il valore della portata di acque reflue  $Q_{ww}$  prevista per l'impianto di scarico, in parte e nell'intero sistema, è calcolata con:

$$Q_{ww} = K \sqrt{\sum DU}$$

dove:

$Q_{ww}$  è la portata acque reflue (l/s);

$K$  è il coefficiente di frequenza (assunto generalmente pari a 0.5);

$\sum DU$  è la somma delle unità di scarico

Il diametro delle diramazioni di scarico garantiscono l'allaccio di un numero massimo di utenze in modo da rispettare la portata massima (determinata come valore maggiore, tra portata di acque reflue  $Q_{ww}$  e la portata dell'apparecchio con l'unità di scarico più grande) in funzione del diametro della tubazione, come precisato nella seguente tabella:

Tubazione Diametro nominale [DN]	Portata massima [l/s]
50	0.8
63	1.00
75	1.50
90	2.25
110	2.50

La capacità dei collettori di scarico è invece calcolata tramite la relazione di Colebrook -White riportata nella seguente tabella (con pendenza minima 0.5 %, grado di riempimento 70%):



Tubazione Diametro nominale [DN]	Portata massima [l/s]
110	2.9
125	4.8
160	9.0
200	16.7
250	31.6

## 5 GAS METANO

Le tubazioni di distribuzione del gas metano devono garantire una portata tale da soddisfare la richiesta di gas per ogni utenza.

Salvo diverse indicazioni fornite dal costruttore degli apparecchi termici, la portata in volume (mc/h) deve essere calcolata dividendo la portata termica nominale  $Q_n$  dell'apparecchio per: 1. potere calorifico superiore del gas  $H_s$  (in KJ/mc) nel caso di apparecchi di cottura; 2. potere calorifico inferiore del gas  $H_i$  (KJ/mc) nel caso di tutti gli altri apparecchi e moltiplicando per 3600

Tipo	Portata termica nominale $Q_n$ (KW)	Portata volumica $Q_v$ (mc/h)
Fornello 4 fuochi	9,00	0,85
caldaia	34,00	3,21

Per il dimensionamento dell'impianto si è tenuto conto della portata necessaria per ogni apparecchio per un corretto funzionamento e dello sviluppo geometrico delle tubazioni, al quale sono state sommate le lunghezze equivalente dei pezzi speciali presenti, in modo da ottenere le lunghezze virtuali.

I diametri delle tubazioni sono stati desunti dalle norme UNI 7129.

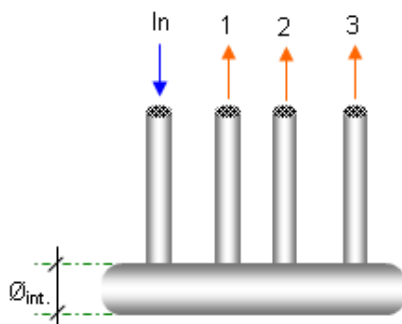
I diametri indicati negli elaborati grafici allegati soddisfano la condizione di una perdita di carico massima tra contatore e singola utenza inferiore a 1 mbar.

## 6 COMPLETAMENTO CENTRALI

### 6.1 COLLETTORI

I collettori presenti sono stati dimensionati nel rispetto della seguente formula:

$$D(\text{mm}) = \frac{v_{\text{Sup. tot. tubaz. in uscita}} + 50\%}{0,785} \times 10$$



D = diametro interno del collettore.

Sup. tot = somma sezioni delle sole tubazioni uscenti (ricavabili dalla tabella sotto mostrata).

Tubo	Diam. nomin. DN	Diametro Int. [mm]	Area interna [cm <sup>2</sup> ]
1/2"	15	18,6	2,19
3/4"	20	22,2	3,91
1"	25	27,9	6,11
1 1/4"	32	36,6	10,5
1 1/2"	40	42,5	14,2
2"	50	53,8	22,8

## 6.2 VASI DI ESPANSIONE

Il volume dei vasi di espansione, sarà correlato, con una tolleranza del  $\pm 10\%$ , al volume di espansione dell'acqua nei circuiti, calcolato con la formula:

$$V = \frac{E}{1 - \frac{P_i}{P_f}}, \text{ in cui}$$

V = Volume del Vaso  
E = Volume di espansione  
 $P_i$  = Pressione di precarica del vaso  
P = Pressione massima di esercizio

I vasi d'espansione indicati nei disegni, risultato di calcoli eseguiti con circuiti di progetto, andranno verificati dall'installatore, con i dati reali degli impianti realizzati.

## 6.3 ELETTROPOMPE

### Portata:

$$G = P \cdot k / c \cdot (t_u - t_i)$$

G = portata dell'elettropompa (l/s);

P = potenza utile da fornire (kW );

k = maggiorazione per errori di bilanciamento (1,05 );

c = calore specifico dell'acqua ( 4,187 kJ/ kg°C );

$t_u$  = temperature uscita ( °C );

$t_i$  = temperatura ingresso ( °C )

### Prevalenza:

$$H_{tot} = k_1 \cdot k_2 \cdot (P_{distr} + P_{acc})$$

$H_{tot}$  = prevalenza totale (kPa);

$k_1$  = maggiorazione per errori di bilanciamento (=1.10);

$k_2$  = maggiorazione per possibili varianti future (=1,05 );

$P_{distr}$  = perdite di carico distribuite (kPa);

$P_{acc}$  = perdite di carico accidentali (kPa).

**Potenza elettrica assorbita:**

$$Pe = Pm / ne$$

Pe = potenza elettrica assorbita (kW )

Pm = potenza meccanica assorbita all'asse della pompa ( kW )

ne = rendimento elettrico

Den.	Descrizione	Tipologia	Portata [m³/h]	Prevalenza [kPa]
G.P.	Gruppo di pressurizzazione autoclave	Pompe centrifughe in parallelo	6,0	300
P01	Circuito radiatori	Circolatore con inverter	0,9	90
P02	Circuito radiatori	Circolatore con inverter	0,9	90
P03	Circolatore ricircolo acs	Circolatore acs	0,25	60
P04	Elettropompa di circolazione per pannelli solari	Circolatori singoli per impianti solari	0.5	20

Il tecnico progettista

Ing. Antonio Falcone