

CITTA' DI  
VENEZIA



DIREZIONE  
PROGETTAZIONE ED  
ESECUZIONE LAVORI  
S. Marco 4136  
30124 Venezia

telefono 041 2748111

C. I. 10508

TIPO DOCUMENTO

AREA

Edilizia Terraferma

Data

Venezia, Mestre Febbraio 2010

**Descrizione  
Intervento**

NUOVA SCUOLA ELEMENTARE A TRIVIGNANO - OPERE DI  
URBANIZZAZIONE SECONDARIA, INDAGINI ED ACQUISIZIONE AREE - C. I. :  
10508.

**Fase Progetto**

Esecutivo

**Documento**

**Impianti geotermico e solare termico  
Relazione Tecnico-Descrittiva**

Revisione	Descrizione
00	Redazione
01	
02	
03	
04	
05	

**Elaborato da** Progettisti Ing. Francesco Gori  
**Verificato da** R. U. P. Ing. Lucio Antonio Pagan  
**Validato da** R. U. P. Ing. Lucio Antonio Pagan



Nome file: L\_4308-T\_BAN\_E.doc

Pag.

**1 di 21**

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. DESCRIZIONE OPERE.....</b>	<b>4</b>
2.2 CARATTERISTICHE EDILIZIE GENERALI .....	4
2.2.1 <i>Descrizione sommaria degli edifici.....</i>	<i>4</i>
2.3 CRITERI DI PROGETTO .....	4
2.3.1 <i>Note generali .....</i>	<i>4</i>
2.4 REALIZZAZIONE DI POZZI DI EMUNGIMENTO E RE-IMMISSIONE FINALIZZATI ALLA CLIMATIZZAZIONE TRAMITE SCAMBIO GEOTERMICO .....	4
2.4.1 <i>Premessa.....</i>	<i>4</i>
2.4.2 <i>Ubicazione dei pozzi.....</i>	<i>5</i>
2.4.3 <i>Caratteristiche generali del progetto di prelievo e restituzione delle acque sotterranee .....</i>	<i>6</i>
2.4.4 <i>Fattori progettuali .....</i>	<i>7</i>
2.5 IMPIANTO DI RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO.....	8
2.5.1 <i>Dati tecnici di riferimento.....</i>	<i>8</i>
2.5.2 <i>Locale tecnologico.....</i>	<i>9</i>
2.5.3 <i>Impianto di riscaldamento a pannelli piani terra e primo.....</i>	<i>9</i>
2.5.4 <i>Impianto raffrescamento .....</i>	<i>10</i>
2.6 IMPIANTO SOLARE TERMICO .....	10
2.6.1 <i>Descrizione .....</i>	<i>10</i>

## **1. PREMESSA**

Il presente documento costituisce la relazione descrittiva degli impianti geotermico e solare termico relativa alla realizzazione di un edificio a destinazione scuola elementare, in località Trivignano nel comune di Venezia.

Il presente fascicolo è suddiviso nei seguenti capitoli:

- Il primo, la presente "Premessa".
- Il secondo, "Descrizione delle Opere", precisa le modalità di realizzazione degli impianti con stretto riferimento al progetto, le scelte progettuali, i dati di riferimento per il dimensionamento di macchine, i limiti di fornitura, i percorsi delle reti e le funzioni a cui sono dedicate le apparecchiature e gli impianti.

## **2. DESCRIZIONE OPERE**

### **2.2 CARATTERISTICHE EDILIZIE GENERALI**

#### 2.2.1 Descrizione sommaria degli edifici

L'edificio si sviluppa su due piani fuori terra, isolato. All'interno del fabbricato si trovano i seguenti locali:

##### Piano terra:

- locali aula di lezione
- Aula interciclo
- Aule attività parascolastiche
- Atri e vano scale
- Servizi igienici per il personale
- Servizi igienici per gli allievi
- Ripostigli
- Aula informatica
- Mensa con locali di servizio annessi
- Palestra con spogliatoi e servizi igienici annessi
- Portineria
- Corridoi
- Vani tecnici e locale tecnologico

##### Piano primo:

- locali aula di lezione
- Aule speciali
- Atri e vano scale
- Biblioteca
- Servizi igienici per il personale
- Servizi igienici per gli allievi
- Sala insegnanti
- Corridoi
- Vani tecnici

Per una migliore comprensione della distribuzione dei locali fare riferimento al progetto architettonico.

### **2.3 CRITERI DI PROGETTO**

#### 2.3.1 Note generali

I principali obiettivi della progettazione sono:

- soddisfacimento delle richieste d'utenza
- elevato livello di affidabilità e di sicurezza di esercizio
- economicità di gestione derivante dalle tipologie impiantistiche scelte e dall'adozione di apparecchiature che mirano ad ottenere un elevato risparmio energetico
- semplicità impiantistica, nel rispetto dei vincoli architettonici.

### **2.4 REALIZZAZIONE DI POZZI DI EMUNGIMENTO E RE-IMMISSIONE FINALIZZATI ALLA CLIMATIZZAZIONE TRAMITE SCAMBIO GEOTERMICO**

#### 2.4.1 Premessa

Il progetto riguarda l'estrazione di acqua dalla falda superficiale e la sua successiva re-immissione ai fini di scambio termico con due pompe di calore previste per la Scuola Elementare in progetto. L'acqua estratta sarà funzionale all'edificio per effettuare il riscaldamento invernale, il raffrescamento estivo e la produzione di acqua calda sanitaria. Le informazioni contenute nel

presente rapporto sono state elaborate sulla base delle considerazioni espresse nella relazione di calcolo.

Il presente rapporto, basandosi sulla raccolta di dati geologici ed idrogeologici esistenti e sulle indagini idrogeologiche di dettaglio svolte in prossimità del settore che verrà interessato dalla futura edificazione, descrive le caratteristiche progettuali delle opere idrauliche da realizzare.

Lo scopo del rapporto è la descrizione le seguenti caratteristiche progettuali:

- ubicazione delle opere,
- dimensionamento, installazione e collaudo dei pozzi di estrazione e re-immissione,
- caratteristiche dei dispositivi di pompaggio, connessioni idrauliche ed elettriche, regolazione e controllo dei pozzi.

La relazione ed i contenuti tecnici relativi alla progettazione dei pozzi e al loro collaudo sono stati redatti in conformità con le leggi vigenti sulla tutela delle acque, ed in particolare:

- D.lgs. n. 152/99, *Tutela delle Acque dall'inquinamento*;
- D.G.R n. 4453/04, *Piano di Tutela delle Acque e Norme tecniche di attuazione*.

A tal riguardo, si riporta quanto specificato dall'art. 31 – Scarichi nel sottosuolo, delle Norme tecniche di attuazione:

1. *E' vietato lo scarico diretto nelle acque sotterranee e nel sottosuolo.*
2. *In deroga al divieto, l'Autorità competente, dopo indagine preventiva, può autorizzare gli scarichi nella stessa falda delle acque utilizzate per scopi geotermici, delle acque d'infiltrazione di miniere o cave o delle acque pompate nel corso di determinati lavori di ingegneria civile, ivi comprese quelle degli impianti di scambio termico, purché siano restituite in condizioni di qualità non peggiori rispetto al prelievo.*

Tenendo conto di questa particolare condizione, il presente studio e la relazione sono stati effettuati nell'ottica di definire in maniera quanto più accurata possibile specifiche tecniche adeguate al contesto idrogeologico locale (cfr. Relazione di calcolo) e mirate sia alla conservazione delle caratteristiche qualitative dell'acqua di falda da restituire nell'acquifero sia alla stabilità operativa a lungo termine del sistema di pompaggio e re-immissione.

#### 2.4.2 Ubicazione dei pozzi

L'ubicazione prevista per i pozzi di prelievo e re-immissione è riportata in Figura 1. Per l'ubicazione di dettaglio su planimetria si rimanda alla tavola grafica IM-1. I pozzi sono di seguito denominati: **Pz 1** (coordinate piane Gauss-Boaga, X: 2.300.682, Y: 5.047.707) per l'emungimento di acqua di falda, **Pz 2** (X: 2.300.668, Y: 5.045.553), **Pz 3** (X: 2.300.736, Y: 5.045.505) e **Pz 4** (X: 2.300.805, Y: 5.045.528), per la re-immissione dell'acqua in falda. Il pozzo di emungimento sarà ubicato nella zona a Nord dell'edificio (a ca.90-100 m dal perimetro) nella zona verde retrostante il parcheggio. I pozzi di re-immissione saranno invece ubicati a Sud-Ovest (Pz 2) a Sud (Pz 3) e a Sud-Est (Pz 3). Le distanze relative saranno di ca. 80 m.

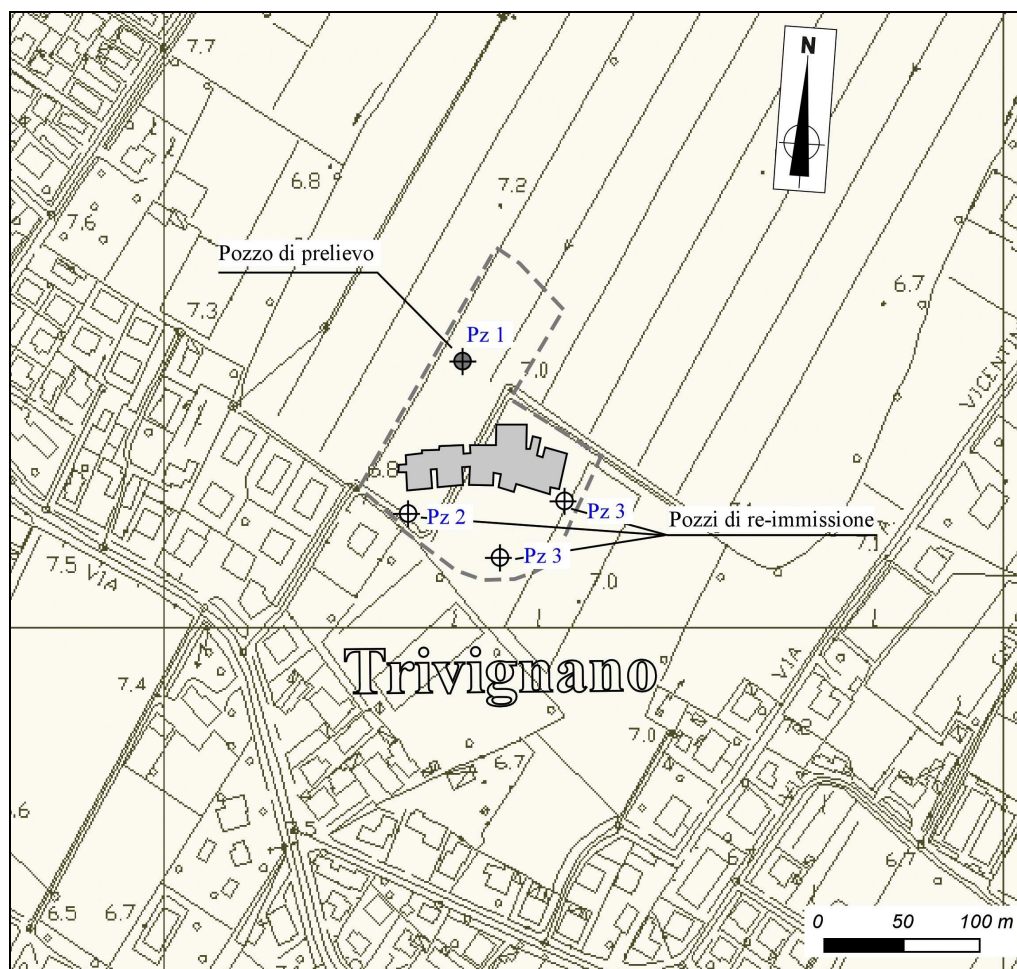


Fig. 1 – Ubicazione su carta CTR dei pozzi previsti, limiti dell'area di intervento delle strutture scolastiche (linea tratteggiata) e dell'edificio costituente la scuola elementare (grigio)

#### 2.4.3 Caratteristiche generali del progetto di prelievo e restituzione delle acque sotterranee

Il progetto di climatizzazione della scuola elementare prevede l'utilizzo di due unità di pompe di calore che, tramite scambio termico con acqua di falda, forniranno il fabbisogno termico o frigorifero richiesto dalla Scuola Elementare di Trivignano.

Per quanto riguarda i quantitativi che si prevede di utilizzare, si precisa che il pozzo di emungimento in progetto dovrà fornire l'acqua per effettuare riscaldamento invernale, raffreddamento estivo e produzione di acqua calda sanitaria. La **portata media** da derivare dal pozzo è di **3.2 l/s** (11.5 m<sup>3</sup>/ora), mentre la **portata massima o di picco** è di **5.2 l/s** (18.7 m<sup>3</sup>/ora). La periodicità del prelievo sarà commensurata al fabbisogno termico e frigorifero effettivo dell'edificio e sarà regolata da dispositivo inverter. Come riferimento di massima, la durata media giornaliera del prelievo sarà di **10 ore/giorno**. La durata del prelievo è quantificabile in **280 in giorni/anno**; tale stima è stata effettuata considerando anche il quantitativo necessario per mantenere un livello minimo di temperatura nell'edificio nelle domeniche estive ed invernali, quando il sistema lavora in regime attenuato. Si stima pertanto che il quantitativo medio prelevato sia di **115 m<sup>3</sup>/giorno** per un totale di **32'200 m<sup>3</sup>/anno**. Lo stesso quantitativo verrà reintrodotta in falda attraverso i pozzi di restituzione, descritti successivamente in dettaglio.

Le componenti del processo tecnologico previsto sono: (i) il prelievo dal corpo idrico tramite elettropompa sommergibile, (ii) lo scambio termico tramite scambiatore di calore da interporre tra falda e condensatore della pompa, (iii) il salto termico effettuato dalle pompe di calore, (iv) la distribuzione di acqua calda e refrigerata ai locali effettuata tramite unità terminali e (v) la re-immissione in falda dell'acqua prelevata tramite tre pozzi opportunamente distanziati dal pozzo di estrazione. La condensazione/evaporazione avverrà mediante scambio termico con acqua di falda. Il sistema di condensazione prevede due circuiti:

- un primario facente capo a pozzi di presa e restituzione in falda

- un secondario, costituito da un anello chiuso a temperatura controllata, scambiante calore con il circuito primario mediante l'interposizione di uno scambiatore a piastre.

Il sistema di circolazione tra il pozzo di emungimento e quelli di re-immissione sarà sostenuto da una pompa sommergibile; la pompa permetterà l'estrazione dell'acqua, il passaggio attraverso lo scambiatore a piastre e la re-immissione in pressione nei tre pozzi in progetto.

**In merito alle caratteristiche chimico-fisiche delle acque re-immesse si sottolinea che queste non subiranno variazioni di sorta**, tranne una variazione delle temperature secondo i cicli stagionali di riscaldamento e raffreddamento. La temperatura indisturbata dell'acqua di falda è di ca. 14 °C, a seconda della stagione. Il salto termico previsto a valle della pompa di calore sarà di  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  in estate/inverno.

#### 2.4.4 Fattori progettuali

La relazione di calcolo presentata in allegato ha evidenziato l'importanza di un'accurata valutazione dei fattori idrogeologici locali per un corretto dimensionamento dei pozzi di estrazione e re-immissione. In particolare, la relazione sopra citata ha evidenziato alcune criticità, in particolare:

- il rischio di una possibile risalita a p.c. del livello piezometrico a seguito di pompaggio prolungato a portate superiori a quella media prevista (i.e. 3.2 l/s)
- la possibilità che si verifichi sul lungo periodo un intasamento dei pozzi di re-immissione da parte di materiale fine, con conseguente decadimento della capacità infiltrante dei pozzi

Tenuto conto delle analisi comparative, basate su calcoli analitici e simulazioni numeriche, di diverse ipotesi progettuali (cfr. Relazione di Calcolo), **la soluzione tecnica ritenuta più idonea è quella che prevede la perforazione di un pozzo di emungimento e di tre pozzi di re-immissione, con diametri di perforazione di 560 mm.** Lo studio ha rivelato che in suddette condizioni progettuali, fino a portate medie, i pozzi perforati sono in grado di assorbire l'acqua senza innalzare il proprio livello fino ad una soglia di guardia (i.e. 50 cm al di sotto del p.c.). Tuttavia, tale condizione non è più assicurata per portate superiori protratte per lunghi periodi di tempo. Questo significa che il livello di guardia non viene probabilmente raggiunto per portate massime protratte per brevi periodi (es. 30 minuti), sebbene tale certezza non vi sia in quanto essa è strettamente correlata alle condizioni locali di permeabilità del corpo acquifero che sarà interessato dai pozzi.

Si specifica a questo proposito che è stata indagata la possibilità di re-immettere i possibili quantitativi d'acqua non assorbiti dall'acquifero nei recettori idrici superficiali. Tuttavia, non si è riscontrata una disponibilità a priori da parte degli Enti di autorizzare tale ipotesi progettuale.

E' stata pertanto presa in considerazione l'ipotesi di perforare un altro pozzo da destinare alla re-immissione, per un totale quindi di un pozzo di emungimento e quattro di re-immissione. Tuttavia, tale soluzione sebbene più cautelativa appare fortemente sveniente dal punto di vista economico, in quanto portate di progetto dell'ordine di ca. 5 l/s non giustificerebbero una spesa di questo tipo.

**In conclusione, la soluzione dei tre pozzi di re-immissione appare come più idonea in termini progettuali ed economici, previo il rispetto delle seguenti condizioni:**

- il sistema complessivo di pompaggio dovrà essere controllato da un dispositivo inverter in modo tale che le portate d'acqua estratta (e quindi re-immessa) sarà funzione dell'effettivo fabbisogno termico dell'edificio scolastico;
- i pozzi di re-immissione devono essere attrezzati con opportuni sistemi di controllo con possibilità per ciascuno di bloccare la re-immissione di acqua nel caso in cui il livello piezometrico raggiunga un determinato livello di guardia;
- sarà cura del progettista quella di regolare i livelli di emungimento in modo che i pozzi di iniezione lavorino il più a lungo possibile con valori di portata lontano dal picco, compatibilmente con l'effettivo fabbisogno termico dell'edificio.
- per evitare un declino con il tempo dell'efficienza dei pozzi di re-immissione è prevista l'installazione di un sistema di filtraggio anti-sabbia aggiuntivo al fine di eliminare dal circuito idraulico la maggior parte delle particelle solide.

I paragrafi successivi descrivono accuratamente le caratteristiche dei pozzi e dei relativi sistemi elettrici di regolazione e controllo associati.

## 2.5 IMPIANTO DI RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO

### 2.5.1 Dati tecnici di riferimento

#### Fabbisogno termico invernale nelle condizioni di progetto

Le ipotesi di calcolo sono:

- Funzionamento contemporaneo di tutte le utenze.
- Condizioni esterne di progetto invernale.

Sono trascurati gli apporti positivi gratuiti (irraggiamento, affollamento, carichi interni per illuminazione).

#### Condizioni termoigrometriche esterne

Inverno -5°C; 80% U.R.

#### Condizioni termoigrometriche interne

##### **Inverno:**

Tutti i locali 20°C; U.R. n.c..

Vani tecnici Non riscaldati

NOTE: U.R. = umidità relativa

La sigla n.c. indica che la grandezza non è controllata.

#### Tolleranze

sulla temperatura è ammessa una tolleranza di  $\pm 1^\circ\text{C}$

#### Trasmittanze unitarie varie componenti edilizie

Le principali trasmittanze unitarie adottate, espresse in  $\text{W/m}^2\text{C}$ , sono:

parete esterna opaca in blocchi preisolati strutturali	K = 0.224
serramenti vetrati	K = 1.400
serramenti vetrati esposti a nord	K = 0.900
pavimento su terreno	K = 0.140
copertura piana a terrazzo	K = 0.117
copertura piana a terrazzo con tetto verde	K = 0.114
tetto ventilato verso l'esterno	K = 0.160

Le dispersioni di calore sono calcolate a norme UNI.

#### Bilancio termico invernale

Potenza per dispersioni e ventilazione naturale 65.9 kW

Potenza per ventilazione meccanica controllata (recupero 90%) 6.0 kW

TOTALE EDIFICIO INVERNALE 71.9 kW

Il fabbisogno di potenza termica per il riscaldamento invernale viene fornito da due pompe di calore geotermiche a circuito aperto, ad acqua di falda, di potenzialità pari a 30.5 kW e 44.6, per una potenza complessiva pari a 75.1 kW.

E' previsto un accumulo inerziale di volume adeguato tale da poter fornire una riserva di energia di spunto in fase di avviamento dell'impianto.

L'edificio è dotato di un impianto radiante a pavimento, con sistema di regolazione in grado di tener conto del comportamento dinamico del sistema edificio-impianto e relativa massa termica, con conseguente diagnosi e auto-apprendimento degli anticipi necessari all'accensione e spegnimento, per garantire il confort nelle fasce orarie prestabilite. In tal senso non è necessario prevedere il sovradimensionamento delle apparecchiature di produzione dell'energia termica per le accensioni.

Le pompe di calore sono di tipo reversibile con funzionamento in funzione raffreddamento, per il raffrescamento estivo parziale delle zone dotate di tale impianto.

Il modello di pompa di calore di potenza pari a 44.6 kW è dotata del circuito di produzione di acqua calda sanitaria, che avviene mediante un serbatoio ad accumulo dotato di doppio serpen-



tino, uno alimentato dalla pompa di calore e l'altro alimentato dall'impianto solare termico. La pompa di calore è inoltre dotata al proprio interno di apposito kit di recupero del calore di condensazione in fase estiva destinato alla produzione di acqua calda sanitaria.

#### 2.5.2 Locale tecnologico

Il locale tecnico adibito a centrale tecnologica è situato al piano terra, interno all'edificio, così come indicato sulle tavole di progetto.

All'interno del locale vengono installate le pompe di calore, destinate al riscaldamento/raffrescamento ambiente. Le pompe di calore sono del tipo condensato ad acqua ed è previsto l'utilizzo di acqua di falda.

Viene realizzata una sezione di pozzi geotermici di emungimento dalla falda acquifera e di successiva reimmersione nella falda stessa in appositi pozzi di iniezione opportunamente posizionati rispetto a quelli di emungimento.

I pozzi di emungimento sono dotati di pompa di sollevamento pluristadio, in grado di pompare la portata d'acqua richiesta fino al locale centrale tecnica, attraverso un sistema di tubazioni interrato esterne, realizzate in PEAD PN10.

All'interno del locale centrale tecnica vengono installati gli scambiatori di calore a piastre per lo scambio di energia tra l'acqua di falda e gli evaporatori delle pompe di calore (funzionamento invernale), in modo da preservare le apparecchiature da possibili fonti di inquinamento e corrosione presenti nell'acqua di falda. Gli scambiatori di calore sono previsti in numero pari a 2, in modo da poter garantire il funzionamento parziale dell'impianto in caso di intervento di manutenzione su uno di essi.

All'uscita dagli scambiatori l'acqua di falda viene convogliata, dopo un abbassamento di temperatura non superiore a 3 °C (funzionamento invernale), fino ai pozzi di re-immissione, sempre attraverso una rete in pressione interrata realizzate in PEAD PN10. Per la completa descrizione del sistema pozzi fare riferimento ai capitoli precedenti.

Le pompe di calore sono complete di tutte le apparecchiature ed accessori di funzionamento e di sicurezza conformi alla normativa vigente. La circolazione del fluido acqua nelle sonde geotermiche è garantita da opportune pompe di circolazione installate a bordo macchina.

La circolazione dell'acqua calda nel circuito primario dalle pompe di calore fino all'accumulo inerziale è assicurata anch'essa da opportune elettropompe installate a bordo macchina.

I percorsi delle tubazioni devono essere coordinati con i percorsi delle vie cavi posate dall'appaltatore degli impianti elettrici.

Completano la centrale termica i sistemi di espansione, le tubazioni con i relativi isolamenti termici, gli organi di intercettazione, di misura, di taratura, di sicurezza, le tubazioni per il carico degli impianti, le tubazioni per gli scarichi convogliati, le vaschette di raccolta degli scarichi e sfiati, ecc..

All'interno della centrale tecnologica sono collocate la sottostazioni di regolazione a servizio dei pannelli radianti a pavimento per i piani terra (lato est ed ovest) e primo, nonché le pompe di circolazione dei singoli circuiti di zona.

I piani terra e primo, adibiti esclusivamente ad uso scolastico, non necessitano di impianto di condizionamento estivo dato il periodo di utilizzo dei locali e la tipologia dell'edificio in termini di strutture utilizzate, orientamento e dispositivi di intercettazione della radiazione solare.

Per particolari zone dell'edificio, tuttavia, viene previsto un impianto di raffrescamento radiante, per garantire un benessere sufficiente in caso di utilizzo di tali locali comuni per altre attività nel periodo estivo (campi scuola, etc.)

#### 2.5.3 Impianto di riscaldamento a pannelli piani terra e primo

I locali sono dotati di un impianto di riscaldamento a pannelli radianti a pavimento, costituito da tubazioni in polietilene reticolato con barriera all'ossigeno, correnti sottotraccia a pavimento secondo un percorso a serpentino così come indicato sulle tavole di progetto.

I pannelli radianti hanno origine da diversi collettori di distribuzione, installati nelle posizioni indicate sulle tavole. I collettori di distribuzione inseriti in apposita cassetta metallica incassata a muro sono installati a filo pavimento.

Le tubazioni, a partire dagli stacchi dei collettori, corrono sottotraccia a parete fino alla discesa a pavimento (questi tratti sono isolati con guaina in elastomero espanso spessore 13 mm),

corrono poi nel sottofondo del pavimento fino a raggiungere la rispettiva zona servita, per realizzare poi il pannello radiante vero e proprio mediante il percorso a serpentino.

In alcuni locali, visto l'orientamento sfavorevole per la stagione invernale o data la necessità di garantire maggior confort nella stagione estiva, vengono previsti tratti di impianto a parete, eseguito sempre con tubazione in polietilene reticolato con serpentino sostenuto da apposite staffe a parete, il tutto annegato sotto l'intonaco.

La temperatura di mandata dell'acqua ai pannelli radianti è regolata da una sottostazione in centrale termica (con tre circuiti di zona separati), adatta al funzionamento in regime invernale ed estivo, secondo una regolazione di tipo climatico in funzione della temperatura dell'aria esterna. La centralina di regolazione inoltre riceve il segnale da due sonde di temperatura acqua, installate sulle tubazioni di mandata e ritorno ai pannelli. In base al segnale ricevuto da tale sonda, la centralina regola la temperatura di mandata, secondo opportune logiche di funzionamento.

La centralina inoltre è in grado di valutare il comportamento del sistema edificio-impianto, tenendo conto dell'inerzia termica di tale sistema ed adottando quindi opportuni anticipi all'accensione per il raggiungimento della temperatura interna di set-point.

La temperatura ambiente nei singoli locali viene garantita dalle sonde di temperatura ambiente le quali percepiscono la temperatura del locale, e comandano le testine elettrotermiche installate sulle tubazioni di ritorno dai pannelli radianti, garantendo quindi la gestione flessibile di ogni singolo locale. All'interno della cassetta dei collettori sono installate le centraline che ricevono il segnale delle sonde ambiente e comandano le testine elettrotermiche, nonché controllano il funzionamento orario degli ambienti.

#### 2.5.4 Impianto raffrescamento

I pannelli radianti in estate vengono attraversati da acqua refrigerata, garantendo un abbattimento della temperatura interna. La sottostazione di regolazione in centrale termica effettua la regolazione della temperatura di mandata ai pannelli secondo il segnale di umidità relativa inviatogli dalla sonda ambiente, al fine di evitare fenomeni di condensazione sulle superfici delle pareti stesse.

La temperatura ambiente nei singoli locali raffrescati viene garantita dalle sonde ambiente con commutazione estate/inverno, le quali percepiscono la temperatura del locale, e comandano le testine elettrotermiche installate sulle tubazioni di ritorno dai pannelli radianti, garantendo quindi la gestione flessibile di ogni singolo locale.

La deumidificazione estiva è affidata a diversi deumidificatori/ventilconvettori a servizio delle diverse zone dell'edificio, i quali provvedono a ricircolare l'aria ambiente dopo averla deumidificata, garantendo un ulteriore apporto sensibile per raffrescamento dell'aria. I deumidificatori sono alimentati da acqua refrigerata mediante una apposita rete di distribuzione servita da elettropompa di circolazione dedicata. Essi sono controllati da un consenso al funzionamento che ricevono dalla sonda telecomando di temperatura/umidità installata in ambiente. I deumidificatori/ventilconvettori funzionano unicamente durante il periodo di raffrescamento, in inverno sono disabilitati. I deumidificatori/ventilconvettori sono installati in vista a parete.

Per alcuni locali viene prevista la predisposizione per un futuro ampliamento dell'impianto di raffrescamento estivo. Per questi tipi di locali, l'impianto di raffrescamento sarà di tipo tradizionale mediante ventilconvettori, comandati da termostato a bordo macchina. La predisposizione attuale comprende tutte le opere per la facile installazione futura di dette apparecchiature: punto di alimentazione elettrica, tubazioni tappate di distribuzione acqua, tubazione predisposta per lo scarico condensa.

## **2.6 IMPIANTO SOLARE TERMICO**

### 2.6.1 Descrizione

L'impianto solare termico è di tipo a circolazione forzata con fluido acqua glicolata, adatto per resistere al gelo nel clima invernale.

Il campo collettori è costituito da 9 pannelli solari piani, di superficie captante di circa 2,28 m<sup>2</sup> ciascuno, collegati secondo 3 file sovrapposte di 3 pannelli ciascuno, così come indicato sulle tavole di progetto, secondo il metodo del ritorno inverso per equilibrare ciascuna fila di collettori. Il campo collettori è completato dal sistema di faldalerie adatte per il montaggio ad incasso nel tetto. E' obbligo dell'Appaltatore, prima dell'acquisto del materiale, coordinarsi con la Dire-

zione Lavori per verificare, in base alla tipologia di pannello solare proposto ed alle relative faldaerie, la corretta installazione e le eventuali interferenze con il campo collettori fotovoltaico.

Le tubazioni di collegamento tra la centrale tecnologia ed il campo collettori sono del tipo in rame per i tratti in vista (all'interno del locale tecnico ed all'esterno sulla copertura) mentre per i tratti sottotraccia a pavimento e parete all'interno dell'edificio è prevista una coppia di tubazioni flessibili preisolate in acciaio inox, per una posa più semplice e per una maggiore garanzia riguardo le tenute, essendo un unico tratto continuo dal locale tecnico fino alla copertura.

Viene inoltre posata, a fianco delle tubazioni, opportuna tubazione in PVC corrugato flessibile, per il collegamento alla sonda di temperatura installata sui pannelli solari in copertura. La fornitura e posa di tale tubazione è a carico dell'impiantista termofluidico ed è compresa nella quotazione delle voci riguardanti le tubazioni e l'isolamento speciale per alte temperature in guaina di elastomero.

Completano l'impianto all'interno della centrale tecnologica la centralina di regolazione, la sonda di temperatura sul bollitore, il gruppo di circolazione solare con vaso di espansione e valvola di sicurezza, il disareatore, la pompa manuale di carico impianto.

## **ALLEGATO: Caratteristiche impianto solare termico**

# Calcolo energetico solare

## Dati dell'impianto:

		<u>Numero di collettori solari</u>	9	▲ ▼	_____
<u>località</u>					
<u>provincia</u>	Venezia	▼		▲ ▼	_____
<u>riflettanza dell'ambiente</u>	Valore standard	▼			
<u>pannello solare</u>	IDMK 2,5	▼		▲ ▼	_____
			<u>inclinazione dei collettori solari (°)</u> <small>(rispetto al piano orizzontale)</small>	21	▼
			<u>orientamento azimutale (°)</u> <small>(deviazione dal SUD)</small>	5	▲ ▼

## Dati dell'utenza

### Acqua calda sanitaria

<u>n° di persone</u>	260	◀ █ █ █ ▶	
<u>consumo specifico (l)</u>	10	◀ █ █ █ ▶	2600 <small>(totale l)</small>
<u>temperatura acqua fredda (°C)</u>	15	▲ ▼	
<u>temperatura acqua calda (°C)</u>	42	▲ ▼	
<u>ricircolo presente</u>	VERO	<input checked="" type="checkbox"/>	

### Integrazione al riscaldamento

<u>superficie riscaldata (m<sup>2</sup>)</u>	0	◀ █ █ █ ▶	
<u>classe energetica (CasaClima)</u>	D	▼	0 kWh/anno
<u>isolamento dell'edificio</u>	edificio ben isolato	▼	
<u>fattore di utilizzo dell'impianto</u> <small>(solo per utilizzo parziale dell'impianto)</small>	utilizzo normale	▼	

## TAB A DATI CLIMATICI

### DATI GEOGRAFICI DI INSTALLAZIONE

Provincia di

Comune di

Latitudine **45,43 °** **0,793 rad**

Longitudine **12,33 °** **0,215 rad**

### POSIZIONAMENTO PANNELLI

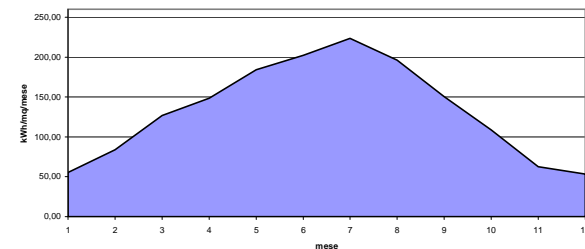
Inclinazione ( $\beta$ ) **21** **0,367 rad**

Orientamento **SUD**

Azimut ( $\gamma$ ) **5 °** **0,08722222 rad**

fattore correttivo **0,98**

riflettanza  $\rho$  **0,2** Valore standard



Radiazione solare incidente su piani variamente orientati e inclinati (UNI 8477 parte 1^)	Unità di misura	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Radiazione solare totale giornaliera media mensile sul piano orizzontale (Hh); da UNI 10349	MJ/m2giorno	4,50	8,10	12,50	16,90	21,90	25,80	27,10	22,10	15,80	9,80	5,30	4,10
Radiazione solare diffusa giornaliera media mensile sul piano orizzontale (Dh); da UNI 10349	MJ/m2giorno	2,40	3,50	5,00	6,60	7,60	7,50	6,40	6,20	5,30	3,90	2,60	2,10
Radiazione solare diretta giornaliera media mensile sul piano orizzontale (Bh); da UNI 10349	MJ/m2giorno	2,10	4,60	7,50	10,30	14,30	18,30	20,70	15,90	10,50	5,90	2,70	2,00
Declinazione solare media mensile $\delta$	°	-20,92	-12,95	-2,42	9,41	18,79	23,09	21,18	13,45	2,22	-9,60	-18,91	-23,05
	rad	-0,37	-0,23	-0,04	0,16	0,33	0,40	0,37	0,23	0,04	-0,17	-0,33	-0,40
Irraggiamento orizzontale extratmosferico medio mensile (Hho)	MJ/m2giorno	11,87	17,52	25,39	34,33	41,30	44,44	43,05	37,35	28,90	19,99	13,25	10,43
Indice di soleggiamento	-	0,379	0,462	0,492	0,492	0,530	0,581	0,629	0,592	0,547	0,490	0,400	0,393
Angolo orario medio mensile del tramonto astronomico $\omega \sigma$ (da UNI 8477)	°	67,17	76,49	87,54	99,69	110,21	115,64	113,17	104,06	92,25	80,11	69,65	64,41
Rapporto di irraggiamento diretto Rb	-	1,996	1,636	1,348	1,133	1,000	0,945	0,969	1,073	1,255	1,528	1,886	2,134
Rapporto di irraggiamento diffuso Rd	-	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967
Rapporto di irraggiamento riflesso Rr	-	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
Irraggiamento giornaliero medio mensile	MJ/m2giorno	6,42	10,76	14,74	17,82	21,39	24,25	25,93	22,77	18,06	12,61	7,50	6,21
Irraggiamento mensile sulla superficie considerata (in assenza di ostruzioni ai raggi solari)	MJ/m2	198,99	301,18	457,02	534,72	663,01	727,38	803,85	705,91	541,74	390,96	224,94	192,38
	kWh/m2	55,27	83,66	126,95	148,53	184,17	202,05	223,29	196,09	150,48	108,60	62,48	53,44
Temperatura media esterna diurna (UNI10349)	°C	3,30	4,80	8,60	13,20	17,30	21,30	23,60	23,40	20,40	14,90	9,50	5,00

TAB B - Bilancio energetico impianto solare termico

Proprietario

Località di installazione dell'impianto

0

Provincia di

Venezia

Collettori solari

HITEC

Modello

IDMK 2,5

Tipo di collettore

piano vetrato a incasso

Dati principali impianto

Numero pannelli

9

Superficie captante [m2]

20,88

c0 (grado di rendimento ottico)

0,780

c1 (coeff. Dispersione termica [W/m2\*k])

3,796

c2 (coeff. Dispersione termica [W/m2\*k2])

0,013

Latitudine località [°]

45,43

Inclinazione [°]

21

Orientamento

SUD

Fabbisogno ACS

Numero di utenze

260

Consumo specifico (l/giorno)

10

Consumo totale (l/giorno)

2600

Temperatura ingresso acqua acquedotto (°C)

15

Temperatura di utilizzo acqua sanitaria (°C)

42

Ricircolo

VERO

Integrazione riscaldamento

periodo di riscaldamento (giorni)

183

gradi giorno

2345

Classe Energetica

D

Superficie riscaldata (m²)

0

Isolament o dell'edificio

edificio ben isolato

Utilizzo dell'impianto

utilizzo normale

Fabbisogno piscina scoperta

superficie (mq)

0

profondità media (m)

0

temperatura dell'acqua (°C)

0

periodo di attività (mesi)

0

presenza del telo di copertura

0

Perdite per sporcizia sui pannelli (%)

2%

Perdite per dispersioni tubi solari e bollitore (%)

3%

Efficienza scambiatore bollitore solare (%)

98%

Fabbisogno piscina coperta

superficie (mq)

0

profondità media (m)

0

temperatura dell'acqua (°C)

0

periodo di attività (mesi)

0

PERIODO	ENERGIA SOLARE			TEMPERATURA		RESA SISTEMA SOLARE TERMICO			FABBISOGNO ENERGETICO					INTEGRAZIONE SOLARE							
	Radiazione		Intensità	esterna	media del	Efficienza	Potenza utile	Energia utile	Acqua calda sanitaria	Piscina scoperta	Piscina coperta	Risc.	Totale	Energia utile ACS	Energia utile piscina scoperta	Energia utile piscina coperta	Energia utile integr. Risc.	Energia utile TOT	Copertura Solare	Surplus energia	
	Orizz.	inclinata	inclinata	media	collettore		collettori	collettori													
Mese	Horiz. giorno	Hinc giorno	Hinc mensile	Im	Te	Tmcoll	η coll	Potenza utile	Ecoll	Qg(ACS)	Qg(p_s)	Qg(p_c)	Qg(risc)	Qtot	Eutil(ACS)	Eutil(p_s)	Eutil(p_c)	Eutil(risc)	Eutil	Int. Solare	surplus
	[MJ/m2d]	[MJ/m2d]	[MJ/m2m]	[W/m2]	[°C]	[°C]	[%]	[W/m2]	[MJ/ mese]	[MJ/mese]	[MJ/mese]	[MJ/mese]	[MJ/mese]	[MJ/mese]	[MJ/mese]	[MJ/mese]	[MJ/mese]	[MJ/mese]	[MJ/mese]	%	%
Gennaio	4,50	6,42	198,99	306	3,3	40	0,268	82,1	1.037,4	10.018,1	0,0	0,0	0,0	10.018,14	1.037,4	0,0	0,0	0,0	1037,4	10,4%	-
Febbraio	8,10	10,76	301,18	451	4,8	40	0,448	201,8	2.623,3	9.048,6	0,0	0,0	0,0	9.048,64	2.623,3	0,0	0,0	0,0	2623,3	29,0%	-
Marzo	12,50	14,74	457,02	540	8,6	45	0,492	265,6	4.374,6	10.018,1	0,0	0,0	0,0	10.018,14	4.374,6	0,0	0,0	0,0	4374,6	43,7%	-
Aprile	16,90	17,82	534,72	573	13,2	45	0,546	313,1	5.683,3	9.695,0	0,0	0,0	0,0	9.694,97	5.683,3	0,0	0,0	0,0	5683,3	58,6%	-
Maggio	21,90	21,39	663,01	622	17,3	45	0,595	370,0	7.672,3	10.018,1	0,0	0,0	0,0	10.018,14	7.672,3	0,0	0,0	0,0	7672,3	76,6%	-
Giugno	25,80	24,25	727,38	672	21,3	50	0,602	404,5	8.516,7	9.695,0	0,0	0,0	0,0	9.694,97	8.516,7	0,0	0,0	0,0	8516,7	87,8%	-
Luglio	27,10	25,93	803,85	734	23,6	50	0,631	463,5	9.869,5	10.018,1	0,0	0,0	0,0	10.018,14	9.869,5	0,0	0,0	0,0	9869,5	98,5%	-
Agosto	22,10	22,77	705,91	701	23,4	45	0,654	459,0	8.986,3	10.018,1	0,0	0,0	0,0	10.018,14	8.986,3	0,0	0,0	0,0	8986,3	89,7%	-
Settembre	15,80	18,06	541,74	627	20,4	45	0,619	388,1	6.518,8	9.695,0	0,0	0,0	0,0	9.694,97	6.518,8	0,0	0,0	0,0	6518,8	67,2%	-
Ottobre	9,80	12,61	390,96	505	14,9	45	0,530	267,5	4.032,1	10.018,1	0,0	0,0	0,0	10.018,17	4.032,1	0,0	0,0	0,0	4032,1	40,2%	-
Novembre	5,30	7,50	224,94	345	9,5	40	0,409	141,3	1.791,5	9.695,0	0,0	0,0	0,0	9.694,97	1.791,5	0,0	0,0	0,0	1791,5	18,5%	-
Dicembre	4,10	6,21	192,38	309	5,0	40	0,298	92,1	1.116,0	10.018,1	0,0	0,0	0,0	10.018,14	1.116,0	0,0	0,0	0,0	1116,0	11,1%	-
Totali [MJ/anno]			5.742						62.222	117.955	-	-	-	117.956	62.222	-	-	-	62.222	Media	
Totali [kWh/anno]			1.595						17.284	32.765	0	0	0	32.765	17.284	0	0	0	17.284	53%	

Integrazione solare per ACS	gennaio-dicembre	(%)	53%
Integrazione solare riscaldamento piscina Scoperta	nessuno	(%)	0%
Integrazione solare riscaldamento piscina Coperta	nessuno	(%)	0%
Integrazione solare riscaldamento ambienti	novembre-aprile	(%)	0%
Integrazione solare totale nel periodo	aprile-settembre	(%)	80%
Integrazione solare nel periodo	ottobre-marzo	(%)	25%
Coefficiente di utilizzo		(%)	100%
Efficienza media di captazione		(%)	51%
Percentuale di risparmio energetico sul fabbisogno termico annuo		(%)	53%
Energia prodotta dall'impianto solare		(kWh/anno)	17.284

Relazione Tecnica

Tab.B-Bilancio energetico

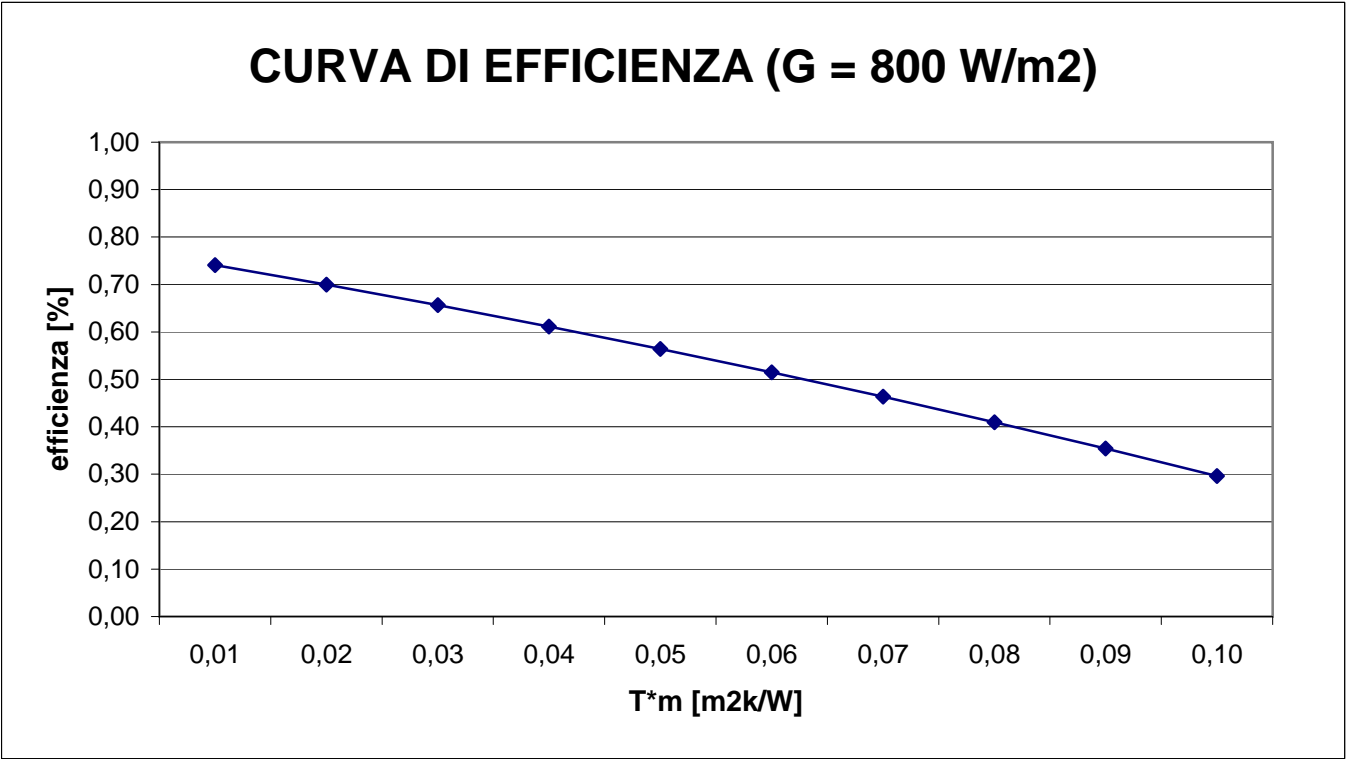
P75 Calcolo Energetico - pannelli solari.xls

ALL.1 - PARAMETRI CARATTERISTICI COLLETTORE SOLARE

Formula per il calcolo dell'efficienza:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot T \cdot m - a_2 \cdot G \cdot T \cdot m^2$$

Parametro	valore	T*m	η
η <sub>0</sub> (coefficiente di rendimento ottico)	0,78	0,0000	0,780
a <sub>1</sub> (coeff. Dispersione termica [W/m <sup>2</sup> *k])	3,796	0,0100	0,741
a <sub>2</sub> (coeff. Dispersione termica [W/m <sup>2</sup> *k <sup>2</sup> ])	0,013	0,0200	0,700
		0,0300	0,657
		0,0400	0,612
		0,0500	0,564
		0,0600	0,515
		0,0700	0,463
		0,0800	0,410
		0,0900	0,354
		0,1000	0,296



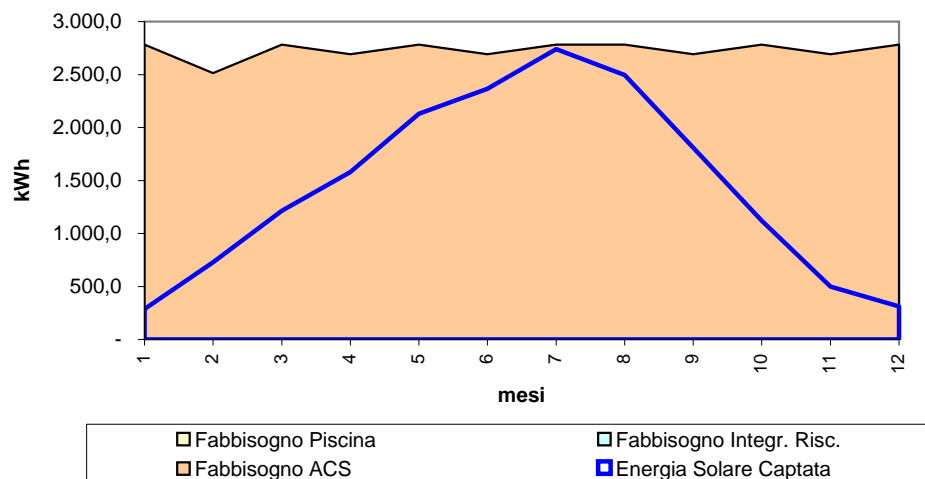
N.B.  
Per i valori di temperatura vedi Tab. B - Bilancio Energetico



## ALL.2 - RIEPILOGO DATI ENERGETICI PRINCIPALI

Mese	Energia Solare Captata	Fabbisogno ACS	Fabbisogno Piscina	Fabbisogno Integr. Riscaldamento	Energia Solare Utile Totale
	[KWh/mese]	[KWh/mese]	[KWh/mese]	[KWh/mese]	[KWh/mese]
Gennaio	288,2	2.782,8	-	-	288,2
Febbraio	728,7	2.513,5	-	-	728,7
Marzo	1215,2	2.782,8	-	-	1215,2
Aprile	1578,7	2.693,0	-	-	1578,7
Maggio	2131,2	2.782,8	-	-	2131,2
Giugno	2365,7	2.693,0	-	-	2365,7
Luglio	2741,5	2.782,8	-	-	2741,5
Agosto	2496,2	2.782,8	-	-	2496,2
Settembre	1810,8	2.693,0	-	-	1810,8
Ottobre	1120,0	2.782,8	-	-	1120,0
Novembre	497,6	2.693,0	-	-	497,6
Dicembre	310,0	2.782,8	-	-	310,0
[KWh/anno]	17283,8	32765,4	0,0	0,0	17283,8

GRAFICO ENERGIA SU BASE MENSILE



### DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO:

Il sistema solare in oggetto è composto da collettori di tipo: piano vetrato a incasso nella quantità di n° 9 pannelli, pari a una superficie totale di apertura di circa 20,88 m<sup>2</sup> inclinati a 21 ° e con un orientamento verso SUD. Si ipotizza l'installazione a Venezia.

### Il fabbisogno energetico stimato consiste in:

Fabbisogno per ACS per n° 260 utenze con consumo specifico di 10 l/utenza (e quindi un fabbisogno totale giornaliero pari a 2600 l/giorno) e un salto termico stimato di 27 °C acqua fredda ipotizzata a circa 15 °C acqua calda sanitaria ipotizzata a circa 42 °C.

Fabbisogno per riscaldare una abitazione di circa 0 m<sup>2</sup> con dispersioni energetiche di circa 70-90 kWh/m<sup>2</sup>.

### La copertura del fabbisogno può essere così riassunta:

Copertura Fabbisogno ACS	53%
Copertura Fabbisogno Riscaldamento	0%
<b>Copertura Fabbisogno Totale</b>	<b>53%</b>

In termini di mancato inquinamento otteniamo una quantità di emissioni di CO<sub>2</sub> evitate (con caldaia a gas standard) di circa 5351 kg di CO<sub>2</sub>.

## **ALLEGATO: Bilancio Energetico**

## CONFRONTO GEOTERMIA ACQUA DI FALDA - GAS METANO

### 1) Pompa di calore geotermica reversibile riscaldamento/climatizzazione

#### Dati edificio

Superficie lorda disperdente	7053 m <sup>2</sup>	Rendimento di emissione	0,98
Volume lordo	14396 m <sup>3</sup>	Rendimento di regolazione	0,95
Fattore di forma	0,49	Rendimento di distribuzione	0,73
Zona climatica	E	Funzionamento	Intermittente
Gradi giorno	2345		
EPCi limite	16,4		

#### Riscaldamento e acqua calda sanitaria

Energia termica stagionale fornita dal sistema di produzione (calcoli Dlgs 311)	87676 kWh
COP della pompa di calore in condizioni B0\W35	4,66
Potenza elettrica installata pompe di circolazione	6,82 kW
Fabbisogno annuo necessario fornita dal sistema di produzione (calcoli Dlgs 311)**	28618 kWh

\* compresa energia elettrica per elettropompe di circolazione

#### Raffrescamento

Potenza pompa di calore reversibile in raffrescamento	56,8 kW
n°ore di funzionamento stagione estiva	1000
EER della pompa di calore in condizioni B0\W35	4,66
Potenza elettrica installata pompe di circolazione	6,82 kW
Fabbisogno annuo necessario fornita dal sistema di produzione **	13161 kWh

\*\* Fattore di carico rispetto alla potenza massima installata pari a 0,8, fattore di carico ausiliari pari a 0,5

### 2) Caldaia a gas a condensazione e gruppo refrigeratore tradizionale

#### Dati edificio

Superficie lorda disperdente	7053 m <sup>2</sup>	Rendimento di emissione	0,98
Volume lordo	14396 m <sup>3</sup>	Rendimento di regolazione	0,95
Fattore di forma	0,49	Rendimento di distribuzione	0,75
Zona climatica	E	Funzionamento	Intermittente
Gradi giorno	2345		
EPCi limite	16,4		

#### Riscaldamento e acqua calda sanitaria

Energia termica stagionale fornita dal sistema di produzione (calcoli Dlgs 311)	106823 kWh
Rendimento del generatore di calore (T 50/30 °C)	1,00
Potenza elettrica installata pompe di circolazione e bruciatori	5,30 kW
Fabbisogno annuo necessario fornita dalla combustione (calcoli Dlgs 311)	12486 Nm <sup>3</sup>

#### Raffrescamento

Potenza gruppo refrigeratore raffreddato ad aria	56,8 kW
n°ore di funzionamento stagione estiva	1000
EER della gruppo refrigeratore in condizioni Tw 7-12 °C - Ta 35 °C	2,90
Potenza elettrica installata pompe di circolazione	5,30 kW
Fabbisogno annuo necessario fornita dal sistema di produzione	18319 kWh

#### Riduzione del fabbisogno di energia

Riduzione energia = (106823+18319)-(87676+13161) =	24305 kWh
--	-----------

## **ALLEGATO: Bilancio Ambientale**

## BILANCIO ENERGETICO AMBIENTALE

Dati tecnici assunti per i calcoli:

Il confronto è stato effettuato tra la soluzione impiantistica adottata (impianto geotermico ad acqua di falda ed impianto solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria) ed una ipotetica soluzione impiantistica tradizionale con riferimento alle tecnologie commerciali attualmente disponibili sul mercato in grado di soddisfare il medesimo fabbisogno energetico attraverso l'uso delle fonti fossili (in questo caso particolare caldaia a gas metano a condensazione per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria).

Energia fornita dalla combustione del gas metano: 9,8 kWh/Nm<sup>3</sup>

<b>RISPARMIO ANNUO DI ENERGIA PRIMARIA*:</b>	<b>24305 kWh</b>
<b>RISPARMIO ANNUO DI COMBUSTIBILE FOSSILE:</b>	<b>2480 Nm<sup>3</sup></b>

\* Differenza tra il fabbisogno di energia tra la soluzione impiantistica tradizionale e la soluzione impiantistica innovativa prevista

<b>RIDUZIONE ANNUA DEGLI INQUINANTI (dovuta alla riduzione della combustione di fonti fossili)</b>		
<b><i>Sostanza inquinante</i></b>	<b><i>Riduzione Emissione [g/kWh]</i></b>	<b><i>Riduzione Emissione Annuale [kg]</i></b>
CO <sub>2</sub>	190	4618,0
CO	0,15	3,65
NO <sub>x</sub>	0,15	3,65
SO <sub>x</sub>	0,02	0,49
Polveri	Trascurabile	Trascurabile
Composti Organici Volatili	0,002	0,049