

COMUNE DI FIRENZE



INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA, MEDIANTE DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE CON AMPLIAMENTO VOLUMETRICO,
DEL COMPLESSO EDILIZIO E.R.P. DI VIA TORRE DEGLI AGLI, E PREVENTIVA REALIZZAZIONE DI ALLOGGI VOLANO TEMPORANEI
IN CONDOMINIO PLURIPIANO, MONTABILI E SMONTABILI

FINANZIAMENTI:

L.R.T. N.25 DEL 29/06/2011 art. 22 - Interventi speciali di recupero e incremento del patrimonio e.r.p. Delibera G.R.T. n. 201 del 9/03/2012

REALIZZAZIONE DEL FABBRICATO PER COMPLESSIVI 88 ALLOGGI

E.R.P. VIA TORRE DEGLI AGLI - VIA DEL GIARDINO DELLA BIZZARRIA

APPALTO OPERE IMPIANTISTICHE CONDOMINIALI NON PIU' RICOMPRESSE NELL'APPALTO IN CORSO

Operatore: CASA SPA



AZIENDA CON SISTEMA CERTIFICATO



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:
Arch. Marco Barone

REV. PROGETTO ARCHITETTONICO:
Ing. Leonardo Boschi

REV. PROGETTO IMPIANTI:
Ing. Dimitri Celli - P.I. Mauro Bossoli

TAV. N°	ELABORATO:	SCALA:
ES-MEC 00.1	IMPIANTO SOLARE SPERIMENTALE - Relazione Specialistica	DATA: Febbraio 2021
FI25-ES-MEC-00.1-01		

ADDETTO ALLA VERIFICA	ING. Lorenzo Panerai	GEOM. Alessandro Caioli
-----------------------	----------------------	-------------------------

Comune di Firenze

Intervento di riqualificazione urbana, mediante demolizione e ricostruzione con ampliamento volumetrico, del complesso edilizio e.r.p. di via Torre degli Agli, e preventiva realizzazione di alloggi volano temporanei in condominio pluripiano, montabili. Realizzazione del fabbricato per complessivi 88 alloggi e.r.p. via Torre degli Agli - via del Giardino della Bizzarria.
APPALTO OPERE IMPIANTISTICHE CONDOMINIALI NON PIU' RICOMPRESSE NELL'APPALTO IN CORSO

1.	PARTE PRIMA – DESCRIZIONE GENERALE	2
1.1	Premessa	2
1.2	Elaborati grafici	2
2.	PARTE SECONDA – DESCRIZIONE DELLE OPERE E SOLUZIONI DI PROGETTO	2
2.1	Impianti meccanici	2
2.2	Impianti elettrici e speciali	6

1. PARTE PRIMA – DESCRIZIONE GENERALE

1.1 Premessa

La presente relazione descrive le opere relative alla realizzazione dell'impianto solare sperimentale a servizio del fabbricato per complessivi 88 alloggi e.r.p. in Via Torre degli Agli a Firenze, comprese nel presente Appalto.

Le opere sono di seguito riassunte:

IMPIANTI MECCANICI:

- ❑ Impianto solare sperimentale – Lato primario scambiatore SC01
- ❑ Impianto solare sperimentale - Lato secondario scambiatore SC01
- ❑ Impianto solare sperimentale - Circuito di collegamento all'ORC (Organic Rankine Cycle)
- ❑ Impianto solare sperimentale - Circuito di collegamento al Drycooler
- ❑ Impianto solare sperimentale - Circuito di collegamento tra la copertura e il locale tecnico al piano interrato -1.
- ❑ Impianto solare sperimentale - Circuito di collegamento tra locale tecnico al piano interrato - 1 e lo storage.

IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI:

- ❑ Impianto solare sperimentale – Collegamento delle utenze di potenza e di controllo sopra la copertura
- ❑ Impianto solare sperimentale – Collegamento delle utenze di potenza e di controllo nel locale tecnico piano interrato – 1
- ❑ Impianto solare sperimentale – Collegamento delle sonde nel serbatoio interrato

Si precisa che, come riportato nel dettaglio negli elaborati grafici di progetto, il Contratto aggiuntivo prevede una parte di fornitura e posa in opera del materiale dell'impianto sperimentale e una parte di sola posa in opera di materiale e apparecchiature fornite direttamente dal Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Firenze.

1.2 Elaborati grafici

I limiti di fornitura, la forma, le dimensioni, gli elementi costruttivi degli impianti, nonché l'orientamento dell'edificio e dei vari locali e vani, risultano dalle tavole di disegno allegate al progetto:

FI25-ES-MEC-01.2	IMPIANTO SOLARE SPERIMENTALE - Impianto di produzione calore - Schema di flusso e legenda
FI25-ES-MEC-01.3	IMPIANTO SOLARE SPERIMENTALE - Impianto di produzione calore - Schema di flusso circuito primario imp. solare
FI25-ES-MEC-01.4	IMPIANTO SOLARE SPERIMENTALE - Impianto di produzione calore - Schema di flusso circuito secondario imp. Solare
FI25-ES-MEC-01.5	IMPIANTO SOLARE SPERIMENTALE - Impianto di produzione calore – Planimetria copertura.

2. PARTE SECONDA – DESCRIZIONE DELLE OPERE E SOLUZIONI DI PROGETTO

2.1 Impianti meccanici

DESIGN DEL LAYOUT DI IMPIANTO E COMPONENTISTICA

Il sistema sperimentale di conversione dell'energia solare che verrà installato sul nuovo complesso abitativo realizzato in via di Torre degli Agli è stato progettato per integrare l'impianto di produzione centralizzato a pompa di calore.

Nel dettaglio esso andrà ad alimentare l'accumulo di acqua tecnica dedicata all'acqua calda sanitaria ed è costituito da 38 moduli a concentrazione posti su due file sulla superficie di copertura. Ogni fila comprende 3 blocchi di collettori collegati in serie che, a loro volta, contengono 6 o 7 moduli in parallelo.

Rientra nell'appalto la realizzazione dei collegamenti elettrici ed idraulici dei moduli solari mentre risulta escluso il posizionamento dei moduli stessi sulle strutture metalliche di supporto. All'interno del fabbricato, tutti i collegamenti degli impianti meccanici, elettrici e speciali con la relativa distribuzione, dovranno essere integrati nei cavedi e nei passaggi predisposti.

Il campo solare è, a livello progettuale, un circuito ad anello chiuso, all'interno del quale scorre acqua pressurizzata fino a 10 bar e 180°C.

Nello schema allegato relativamente al circuito primario si evidenziano i due rami idraulici di collegamento dei concentratori alimentati da pompe poste in parallelo, la presenza di un vaso di espansione e dello scambiatore SC01 da 85 kW a valle, per la cessione dell'energia raccolta.

L'impianto è stato dimensionato nei suoi componenti specifici prevedendo l'inserimento della componentistica idraulica di base (piping, connessioni, etc.), di organi di sicurezza come le valvole di sfiato per sovra-pressione e di altri dispositivi che ne possano garantire la supervisione. Per questo scopo sono stati inclusi numerosi sensori di temperatura, pressione, portata, livello: una parte di essi servono in fase di avvio dell'impianto, per il collaudo e per la calibrazione di alcuni parametri di set-up. Durante la conduzione a regime dell'impianto, solo le misure più significative andranno inviate e registrate dal sistema centrale di acquisizione dedicato alla gestione dell'intero l'edificio. Tramite il comando di opportune elettrovalvole, si prevede infine il controllo dei flussi, l'ottimizzazione del campo solare e l'intervento diretto nel circuito in caso di allarmi o di particolari condizioni operative richieste.

Il campo solare progettato da UNIFI è un sistema che converte l'energia solare direttamente in energia termica e la rende disponibile all'edificio. Lo scambiatore SC01 assolve la funzione di alimentare un circuito sottoposto (anch'esso ad anello chiuso) al quale si collega, in maniera alternativa uno storage a calore sensibile (TES) ed una macchina ORC. Le caratteristiche della linea inferiore sono definite in modo da far lavorare tutti i componenti in condizioni di esercizio meno stressanti con valori massimi di pressione e temperatura pari a 6 bar e 160°C, rispettivamente.

Lo storage è stato dimensionato con un volume di circa 28 m³ in base allo spazio disponibile e verrà interrato in prossimità dell'edificio. L'incremento della temperatura all'interno del TES avviene grazie ad una serpentina che è stata definita, in base alla potenza termica da trasferire, con una lunghezza di 150 m e diametro Φ 1,5". Al suo interno circola l'acqua proveniente dallo scambiatore SC01, percorrendo le calate di collegamento tra la copertura ed il piano di campagna.

La serpentina impedisce quindi il contatto diretto tra l'acqua calda e quella presente all'interno dello storage: da un lato si ha lo svantaggio di aggiungere un ulteriore passaggio nel processo di scambio termico ma dall'altro si ottengono alcuni vantaggi rilevanti:

- l'acqua nel TES può essere trattata ad hoc per renderla stabile nel tempo a livello bio-chimico confinandola in uno spazio ben definito ed evitando di pomparla per decine di metri a contatto con gli altri componenti dell'impianto;
- l'acqua del circuito proveniente dallo scambiatore SC01 può superare i 100°C per certi intervalli di tempo (linea in pressione fino a 6 bar) senza che si abbia evaporazione all'interno del TES che invece si trova a pressione ambiente;
- la pompa dello stesso circuito lavora in condizioni poco gravose per quanto riguarda i salti di pressione a cui è soggetta dato che fa ricircolare acqua in un anello chiuso (i salti geodetici a monte e a valle si compensano).

La cessione di calore verso l'utenza avviene infine tramite un'altra serpentina in acciaio che alimenta, in parallelo con le pompe di calore in dotazione all'edificio, altri accumuli di acqua tecnica da cui si dirama la distribuzione verso gli alloggi.

Il TES è dotato internamente di trasduttori di pressione e di 22 sensori di temperatura dislocati su due supporti verticali (una al centro, l'altra vicino al bordo) ad una distanza in verticale di circa 0,5 m, in modo da monitorare con sufficiente risoluzione il grado di stratificazione che si ottiene in condizioni dinamiche di esercizio del sistema.

Quando lo storage raggiunge la temperatura di 95°C, all'incirca uniforme su tutto il volume, l'energia del campo solare viene convogliata verso la macchina ORC per la produzione di energia elettrica. La macchina ORC ha una potenza di picco pari a 4 kW ma può operare in condizioni di forte parzializzazione della sorgente superiore per quanto riguarda la temperatura massima di lavoro (da 80°C a 200°C). Questa caratteristica la rende particolarmente adatta all'accoppiamento con il capo solare e con i transitori a cui esso è soggetto per natura.

La cessione del calore di scarto dell'ORC è gestita attraverso l'impiego di un dry cooler installato sempre sulla copertura. La necessità di mantenere temperature al di sotto dei 40°C nella parte inferiore del ciclo termodinamico, rendono impossibile il collegamento con lo storage per il recupero di tale energia di scarto. L'accensione dell'ORC è infatti prevista soprattutto nel periodo estivo quando la produzione del campo solare è in surplus rispetto alla capacità di immagazzinamento del TES: in queste condizioni ci si aspetta che l'acqua dello storage si trovi a temperature intorno ai 95°C, troppo alte per condensare il fluido organico dell'ORC.

LOGICA DI CONTROLLO

La logica di controllo dell'impianto è stata predisposta con l'obiettivo di gestire l'integrazione della risorsa solare in maniera automatica, mettendo a disposizione l'energia raccolta all'utenza durante tutto l'anno. Dopo una fase iniziale di start-up e collaudo in cui verranno calibrati alcuni parametri di funzionamento con la presenza di un operatore, il sistema centrale di monitoraggio sarà in grado di verificare le condizioni di lavoro in real-time e di attuare operazioni specifiche a seconda delle esigenze. Per questo motivo, è prevista l'installazione di numerosi sensori e attuatori, visibili negli schemi allegati al progetto.

Il funzionamento dell'impianto è legato, prima di tutto, alla presenza di una certa intensità di radiazione solare, monitorata grazie un piranometro. Nel caso in cui essa superi un valore prestabilito (inizialmente 450 W/m² da calibrare) il campo solare entra in funzione mandando i concentratori in posizione di FOCUS ed avviando la pompa P01. La velocità di P01 si regola tramite un controllo PID in modo da fissare una differenza costante tra la temperatura di ingresso T1 e di uscita T2 al campo solare (circa 15°C da calibrare). Inizialmente è attivo il bypass gestito dall'elettrovalvola di intercettazione a 3 vie VI01 che esclude lo scambiatore SC01.

Fin tanto che differenza (T2-T1) rimane positiva i collettori lavorano a pieno regime; se diventa negativa, a meno di malfunzionamenti inattesi dell'impianto, significa che il cielo è coperto da nuvole. In questo caso si impone al sistema di continuare il tracking teorico della posizione solare almeno per 10 minuti (tale processo è gestito dall'elettronica interna dei concentratori). Nel momento in cui la differenza di temperatura cresce nuovamente o il piranometro registra segnali superiori alla soglia inferiore di partenza, i concentratori tornano a lavorare in condizioni ottimali.

Seguendo questa logica il circuito del campo solare tende ad incrementare la sua temperatura. Quando il valore di T3 all'ingresso dello scambiatore di calore è superiore alla massima temperatura registrata all'interno dello storage (TT1-22), l'elettrovalvola VI01 alimenta SC01; contemporaneamente si avvia la pompa P02 e la valvola di intercettazione a 3 vie VI03 esclude l'ORC ed apre il circuito del TES.

In questa fase si ha il trasferimento di energia verso l'accumulo che si protrae fino a quando la temperatura massima del TES raggiunge i 95°C. Di conseguenza, è necessario monitorare il livello di stratificazione interna raggiunta (TT1-22) e, nel caso in cui tutti i sensori registrino lo stesso valore (dentro ad uno specifico range), il TES risulterà caricato completamente. Trovandosi a pressione ambiente, per evitare l'evaporazione dell'acqua contenuta, l'elettrovalvola VI02 presente sulla copertura deve escludere il circuito verso il piano terra ed aprire quello di alimentazione dell'ORC.

Contemporaneamente, vengono avviate anche le pompe P03 ed inizia la produzione di energia elettrica Pel (quantità da monitorare all'allaccio del quadro di immissione). L'ORC rimane acceso finché la richiesta di energia dell'utenza non porta ad una diminuzione di circa 20°C (valore da calibrare) della temperatura minima dello storage. Tale condizione fa azionare la valvola di intercettazione VI02 in modo da alimentare nuovamente la serpentina del TES che, nella logica di controllo generale dell'impianto, ha sempre la precedenza rispetto all'altro ramo del circuito, nell'ottica di rendere disponibile all'edificio l'energia prodotta dal campo solare per l'intervallo di tempo più lungo possibile.

Per quanto riguarda il lato dell'utenza, infine, il prelievo del calore all'interno dello storage avviene quando la temperatura in uscita T15 risulta essere maggiore della temperatura interna del serbatoio dell'acqua tecnica presente nella centrale termica. Quando questa condizione si verifica, la pompa lato utenza viene accesa ed alimentata ai suoi giri nominali (si prevede comunque l'inserimento di un controllo da parte del sistema centrale per una sua eventuale regolazione).

ALLARMI

Il sistema sperimentale di Torre degli Agli è stato progettato secondo alcune specifiche impiantistiche che devono essere rispettate per evitare il malfunzionamento dei vari elementi e soprattutto possibili guasti. Nello specifico, la maggior parte dei componenti verrà selezionata per operare a pressioni e temperature massime pari a 6-10 bar e 160-180°C. Nell'accumulo le condizioni sono più restrittive, dato che la vasca di acciaio è progettata per contenere acqua a pressione ambiente fino a 99°C (evitando quindi l'evaporazione).

Sulla base di queste considerazioni molti sensori vengono monitorati per segnalare eventuali anomalie che possono generare allarmi più o meno seri. Nello specifico, un allarme di livello 1 genera solo un avviso nell'interfaccia utente (con comunicazione tramite mail o messaggio) mentre un allarme di livello 2 genera anche un intervento automatico sull'impianto agendo direttamente sullo spegnimento delle pompe, sui bypass di alcuni elementi o sulla defocalizzazione degli specchi concentratori (questa opzione annulla di fatto in maniera quasi istantanea la potenza termica sorgente in ingresso). Nel dettaglio si tengono sotto controllo:

- i livelli di pressione presi in diversi punti del campo solare e del circuito ORC-TES (ad esempio nei vasi di espansione ed all'interno dello storage);
- alcune temperature dove sono attesi i valori maggiori, in modo da evitare il superamento dei limiti imposti;
- le portate all'interno dei rami del circuito per verificare l'andamento dei flussi ed il funzionamento delle pompe.

Una particolare attenzione va dedicata all'acqua presente dentro lo storage, visto il contatto termico con una serpentina che potenzialmente può superare la temperatura di 100°C e visto che la vasca in acciaio non è stata progettata per lavorare a pressioni superiori a quella ambiente. Inoltre si ricorda che il TES è interrato e sono previste ispezioni solo per manutenzione straordinaria (1 ogni 5 anni escluso imprevisti).

E' importante sottolineare come la modalità di alcune operazioni andrà definita e verificata in fase di collaudo dell'impianto e la logica di controllo dovrà essere integrata per seguire al meglio le inerzie del sistema e le tempistiche dei vari azionamenti.

A titolo di esempio, la presenza del bypass 04 attraverso la valvola motorizzata VI03 è stata prevista proprio nel caso in cui il comando della valvola VI02 non sia immediato e la capacità termica del circuito porti a trasferire ulteriore energia al volume di accumulo anche se il limite dei 95°C è stato raggiunto. In maniera analoga andrà verificata l'efficacia di tutti gli altri tipi di intervento.

Si ricorda infine che tutto l'impianto è dotato di una serie di valvole di sicurezza per cui, se dovesse verificarsi un blackout del sistema centrale di gestione oppure se i comandi non fossero comunicati con le tempistiche idonee, le condizioni termodinamiche ottimali dei circuiti sarebbero ripristinate meccanicamente evitando shock rilevanti per i vari componenti.

LISTA DEI COMANDI

Nella lista seguente si riporta in maniera schematica la logica di controllo dell'impianto illustrata nel paragrafo 2:

- Se Pira > 450 W/mq: avvia P01.
- Controllo PID: Regola la velocità di P01 fissando $(T2-T1) = K$ con K impostabile attraverso interfaccia utente.
- Controllo PID: legge M01 e M02 e regola l'elettrovalvola VR01 per ottenere $M02 = (M01)/2$.
- Se $T2 < T1$: attendi 10 minuti e verifica se Pira < 450 W/mq: stop P01 (SF).
- Se $T1 > 170^{\circ}\text{C}$: FOCUS OFF (logica interna al sistema).
- Se $T3 < T_{\min} \text{ TES}$: VI01 esclude scambiatore SC01.
- ELSE: VI01 alimenta SC01.
- Se $T_{\max} \text{ TES} < 95^{\circ}\text{C}$: VI02 esclude P02 (ORC) e stop P02.
- Se VI02 esclude P02: avvia P03 (TES).
- Se $T_{\min} \text{ TES} < 95^{\circ}\text{C}$: attiva bypass con valvola miscelatrice B06 imponendo $T8 = 95^{\circ}\text{C}$, disattiva bypass B04 e uniforma tutto il volume di acqua fino a 95°C .
- Se T_{\max} e $T_{\min} \text{ TES} > 95^{\circ}\text{C}$: attiva bypass B04 e VI02 esclude TES.
- Se VI02 esclude TES: stop P03 (TES) e avvia P02 (ORC).
- Se Stato P02 ON: avvia P04 (dry cooler).

Per quando riguarda invece gli allarmi di livello 2 i relativi comandi da inviare sono:

- Se Stato P01 ON e $M01 = 0$: intervento necessario, FOCUS dei concentratori OFF (defocalizzazione);
- Se Stato P01 ON e $M02 = 0$: intervento necessario, FOCUS OFF;
- Se $T2 > 180^{\circ}\text{C}$: FOCUS OFF;
- Se $P5$ o $P6 > 10$ bar: FOCUS OFF;
- Se $L1$ o $L2 < \text{livello minimo}$: intervento necessario, FOCUS OFF e P01 OFF;
- Se Stato P02 ON e $M03 = 0$: intervento necessario, FOCUS OFF;
- Se $P08, P11, P12 > 6$ bar: FOCUS OFF;
- Se $T08, T11, T12 > 150^{\circ}\text{C}$: FOCUS OFF;
- Se $L11$ o $L12 < \text{livello minimo}$: intervento necessario, FOCUS OFF e P02 e P03 OFF;
- Se P03 ON e $M04 = 0$: intervento necessario, FOCUS OFF;
- Se $T11-22 > 95^{\circ}\text{C}$: VI03 e VI02 escludono il TES;
- Se $PT > 1$ bar: VI03 e VI02 escludono il TES;
- Se $LT < \text{livello minimo}$: intervento necessario, VI03 e VI02 escludono il TES.
- Se $T17 > 95^{\circ}\text{C}$: P05 OFF.

2.2 Impianti elettrici e speciali

DESIGN DEL LAYOUT DI IMPIANTO E COMPONENTISTICA

Il layout dell'ampliamento dell'impianto elettrico riprende quello già descritto al capitolo precedente per l'impianto meccanico.

Le opere relative all'impianto elettrico consistono nel collegare tutta una serie di sensori ai moduli I/O dell'impianti di supervisione/gestione dell'edificio su linguaggio KONNEX ampliando l'impianto già progettato per l'edificio e consentendo così una supervisione/gestione globale del sistema edificio/impianto.

COLLEGAMENTO DELLE SONDE

Le sonde da collegare sono:

- Sonde di temperatura
- Sonde di pressione
- Sonde di portata

Le sonde dovranno essere del tipo 0-10V o 4-20mA, secondo le specifiche fornite. In ogni caso la fornitura non sarà di competenza della ditta che dovrà realizzare solo l'allacciamento elettrico.

Il cavo da utilizzare dovrà essere di tipo FG16OH2M16 sezione 2x1,5mmq e dovrà essere installato nelle canalizzazioni esistenti per la parte principale, mentre per la parte terminale dovrà essere

installato a vista in posa volante fissato alle tubazioni dell'impianto meccanico con idonee fascette. Il grado di protezione dovrà essere IP55 minimo.

I cavi dovranno essere collegati ai moduli I/O da installare nel quadro copertura.

COLLEGAMENTO DELLE VALVOLE MOTORIZZATE E DELLE POMPE

Il collegamento delle valvole motorizzate e delle pompe di circolazione dovrà essere realizzato con cavo FG16OR installato nelle canalizzazioni esistenti per la parte principale, mentre per la parte terminale dovrà essere installato a vista in posa volante fissato alle tubazioni dell'impianto meccanico con idonee fascette. Il grado di protezione dovrà essere IP55 minimo.

Le utenze elettriche, ad esclusione dell'elettrovalvole dovranno essere sezionate con interruttore rotativo IP65.

QUADRI ELETTRICI E IMPIANTO DI SUPERVISIONE

Il quadro copertura Q5.2 SCALA A e B dovrà essere ampliato per dare la possibilità di posare le protezioni magnetotermiche differenziali previste per le pompe e per l'alimentazione dell'elettrovalvole e i moduli I/O dell'impianto konnex di gestione dell'edificio compreso gli alimentatori.

Il quadro locale climatizzazione Q5.1 non subisce varianti dal progetto originale e dovrà contenere le protezioni per le pompe dell'impianto sperimentale oltre ai moduli I/O dell'impianto di gestione edificio.

Al quadro dovranno inoltre essere collegate le sonde presenti nell'energy storage.

Per l'impianto di supervisione e controllo sono previsti nel computo gli oneri di programmazione, configurazione start up del sistema. Per quanto riguarda le configurazioni e le pagine grafiche di monitoraggio del sistema, si dovrà tenere conto delle indicazioni comunicate dalla DL e dall'Università di Firenze in sede di programmazione.

SONDE ENERGY STORAGE

All'interno del serbatoio dovranno essere posate delle sonde di temperatura per monitorare l'impianto.

Le sonde dovranno essere collegate al quadro Q5.1 con cavo FG16OR posato in cavidotto a doppi parete.

Le connessioni dei cavi dovranno essere realizzate in pozzetto all'interno di una cassetta di derivazione che dovrà essere riempita da GEL o resina a connessioni ultimate.

In alternativa è possibile utilizzare giunti isolati e certificati per la posa interrata.