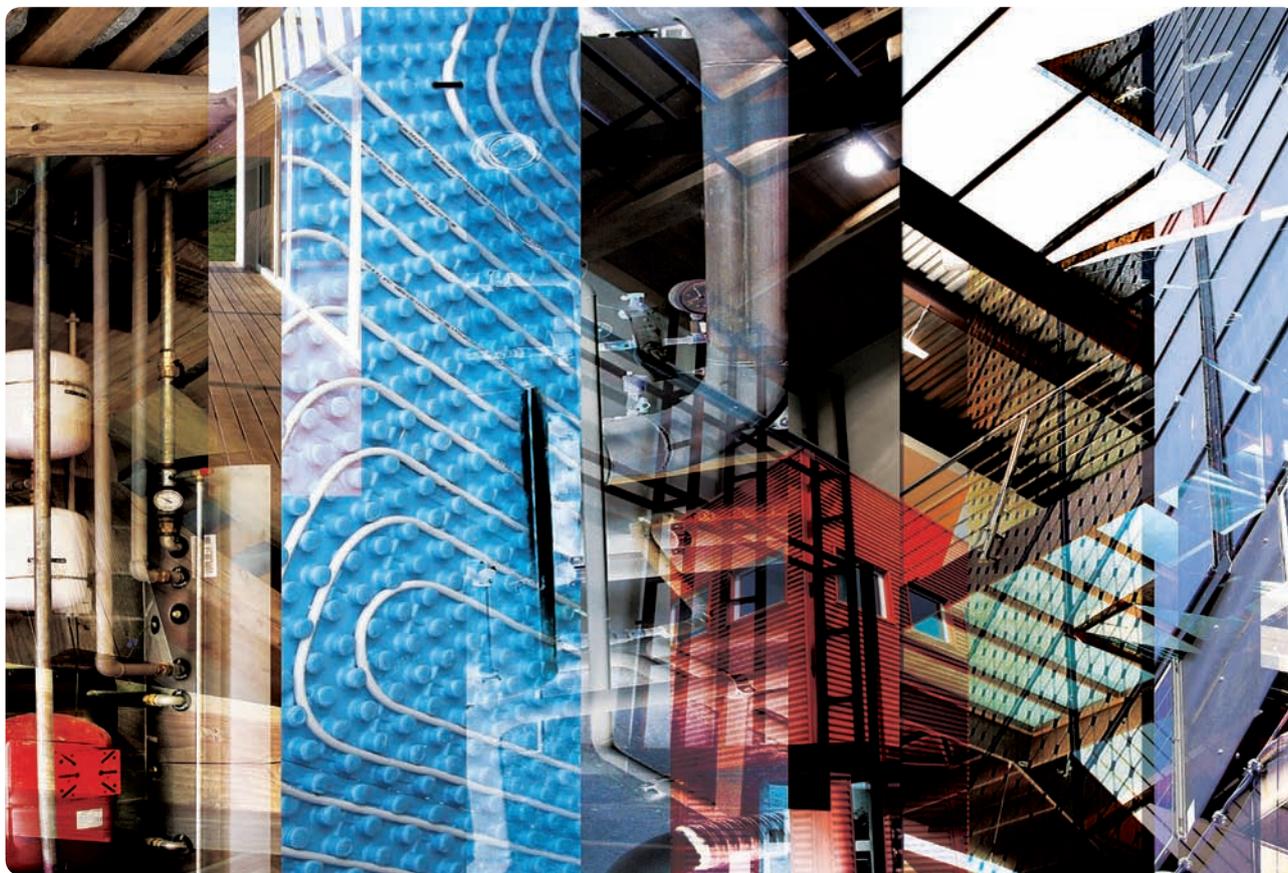


# BUONE PRATICHE IN CAMPO ENERGETICO

## FINANZIATE DALLA REGIONE PIEMONTE





**DIREZIONE AMBIENTE**

Direttore Salvatore De Giorgio

**SETTORE POLITICHE ENERGETICHE**

Dirigente Roberto Quaglia

**Hanno collaborato:**

Mauro Bertolino

Stefano Caon

Stefano Grandi

**Coordinamento:**

Bruna Bassignana

**DIREZIONE AMBIENTE**

Via Principe Amedeo, 17 - 10123 Torino

Tel. 011 4321413

**SETTORE POLITICHE ENERGETICHE**

Via Pomba, 29 - 10123 Torino

Tel. 011 4321411

# / INDICE

Nuovo insediamento residenziale con geotermia / ALTURIA S.r.l.	003
Nuovo edificio unifamiliare ad alta efficienza energetica / BERRONE	009
Riqualificazione energetica di edificio residenziale esistente / BORSERO	017
Nuovo edificio industriale ad alta efficienza energetica / CALEFFI S.p.A.	027
Riqualificazione energetica di edificio rurale esistente / CAVALLERO	045
Nuovo edificio unifamiliare ad alta efficienza energetica / CAVALLO	053
Impianto solare termico di grande taglia / COLLEGIO UNIVERSITARIO "R. EINAUDI"	063
Cogenerazione e sistema solare termico / COMUNE DI ROCCABRUNA	069
Impianto di cogenerazione / CONVITTO "PRINCIPESSA FELICITA DI SAVOIA"	077
Geotermia per climatizzazione invernale ed estiva / DEL MASTRO	083
Nuovo edificio plurifamiliare ad alta efficienza energetica / EDILIZIA CERTIFICATA S.r.l.	089
Cogenerazione con celle a combustibile / ELECTRO POWER SYSTEMS S.p.A.	101
Nuovo edificio industriale ad alta efficienza energetica / GRANDACLIMA S.r.l.	107
Riqualificazione energetica di edificio rurale esistente / MATTALIA	113
Impianto a biogas alimentato con reflui zootecnici / MERLO	117
Nuovo edificio industriale ad alta efficienza energetica / MONCHIERO & C. S.n.c.	121
Nuovo edificio unifamiliare ad alta efficienza energetica / MOLINERO	127
Impianto di trigenerazione con teleriscaldamento / CITTA' STUDI DI BIELLA	131
Impianto di processo ad elevata efficienza energetica / SASIL S.p.A.	135
Nuovo edificio unifamiliare ad alta efficienza energetica / SCAGLIA	141

Proponente | **Alturia s.r.l.**  
Progetto | **GEOenergia s.r.l**

# NUOVO INSEDIAMENTO RESIDENZIALE CON GEOTERMIA

## / SITO DELL'INTERVENTO

L'area oggetto dell'intervento è posta nel Comune di Riva Valdobbia, in Valsesia, ad una quota di circa 1.070 metri. Il territorio presenta caratteristiche oro-topografiche tipiche dell'alta montagna, con cime elevate, valli strette e profondamente incise, con fianchi molto ripidi. Tuttavia nel particolare ambito d'interesse, il fondovalle è discretamente ampio anche in relazione alla confluenza del Torrente Vogna nel Fiume Sesia.

L'insediamento residenziale di nuova costruzione, denominato "Pra di Riva", è ubicato in un terreno prossimo alla Strada Provinciale 299, appena a valle della frazione "Vogna di Là". Si tratta di terreni prativi, storicamente dedicati a pascolo, semipianeggianti, con una splendida vista sul massiccio del Monte Rosa.

Proprio il Monte Rosa è il fulcro d'interesse per le attività immobiliari in questa zona: la vicinanza al comprensorio sciistico di Monterosa Ski e le attività sportive estive ed invernali, hanno incrementato la domanda di abitazioni ad uso turistico.



Dato il contesto paesaggistico di pregio, la società che ha promosso l'intervento ha voluto creare una soluzione architettonica che si integrasse il più possibile con l'ambiente circostante. Così è stato realizzato un Villaggio in stile "walser", architettura tipica delle Valli del Monte Rosa, reinterprestando un'antica frazione, con le case formate da elementi caratteristici di provenienza locale quali il legno e la pietra. Per gli impianti di riscaldamento, esclusa la sola alimentazione a legna in quanto poco adatta all'uso turistico delle abitazioni, ci si orientava, inizialmente, per caldaie monofamiliari a gasolio o a GPL (il metano non è disponibile in zona).

La soluzione di adottare un sistema geotermico con sonde a captazione verticali è stata preferita grazie alla migliore integrazione con lo specifico contesto architettonico-ambientale. L'intervento finanziato dalla Regione Piemonte, è dunque atto a fornire la sufficiente energia termica agli impianti di riscaldamento e di produzione d'acqua calda sanitaria delle abitazioni costituenti il

nuovo villaggio residenziale. Attualmente il complesso residenziale "Pra di Riva" è in fase di costruzione e di prossima ultimazione, prevista entro la fine dell'anno in corso. La produzione di energia termica necessaria per l'intero villaggio si basa sulla tecnica innovativa che prevede l'uso di pompe di calore abbinate all'estrazione di energia geotermica dal terreno in profondità.



L'impianto termico serve 13 fabbricati con 26 abitazioni monofamiliari. L'impianto fornisce inoltre energia termica ad una piscina coperta, alla rampa di accesso ai garage interrati e ad alcuni altri servizi di uso condominiale. La produzione di energia è affidata ad un impianto centralizzato misto: le fonti energetiche sono costituite da una pompa di calore geotermica con funzione di zoccolo e da una caldaia a gasolio integrativa per le punte di fabbisogno termico.

Per un motivo di ottimizzazione dei costi, confrontato con i benefici ambientali ottenuti, si è infatti riscontrato che non è conveniente la sola produzione con impianto geotermico, in quanto, quando la copertura del fabbisogno supera una certa percentuale (intorno al 70%) l'aumento del costo di impianto porta a benefici estremamente limitati in termini di risparmi d'emissioni a causa dell'esiguo numero di ore in cui l'effettivo fabbisogno di picco si presenta.



Il Villaggio Residenziale "Pra di Riva" in fase di costruzione

## FABBISOGNO ENERGETICO ANNUO

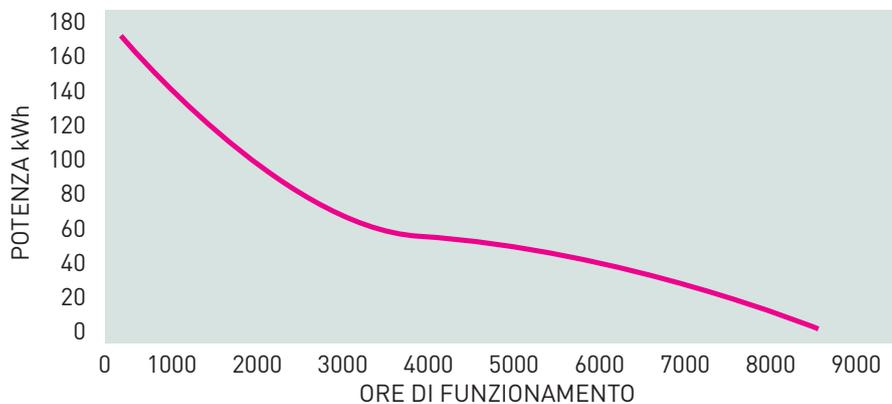


Grafico della potenza richiesta in funzione del numero di ore



Il macchinario di perforazione per le sonde geotermiche

Complessivamente sono state costruite 27 sonde geotermiche a doppia "U" lunghe 200 metri cadauna. Ciascuna sonda è stata collegata indipendentemente in centrale termica, ove si trova il collettore e il distributore. La pompa di calore, a 4 stadi, è alimentata ad energia elettrica, e riversa il calore su un accumulo da 3 mc. Allo stesso accumulo è collegata anche la caldaia a gasolio integrativa. Tramite scambiatore, dall'accumulo viene estratto l'apporto energetico necessario per l'acqua calda sanitaria. La distribuzione del calore e dell'acqua calda sanitaria è affidata ad una piccola rete di teleriscaldamento a bassa temperatura.



Centrale termica

Ciascun appartamento ha gestione e contabilizzazione separata del calore, in modo da dividere i costi tra i diversi utenti e ridurre al minimo la produzione di calore quando il complesso residenziale è poco abitato.

Si tratta di una delle prime applicazioni di geotermia a bassa entalpia in Piemonte e, sebbene si tratti di una tecnologia che ha scoperto un boom negli ultimi anni, l'intervento può tuttora essere annoverato tra i più estesi in Italia.

## / QUADRO ENERGETICO

Il dimensionamento degli impianti tiene conto della normativa italiana per quanto riguarda il calcolo delle dispersioni e del fabbisogno termico degli edifici (legge 10/91 e successive modifiche ed integrazioni).

A seguito dei calcoli effettuati, le dispersioni delle abitazioni complessivamente ammontano a 136 kW.

La piscina richiede ulteriori 20 kW in mantenimento di temperatura che diventano 70 kW per tenere conto dei transitori di riscaldamento.

Attualmente risultano terminati gli impianti a sonde geotermiche e di distribuzione del riscaldamento e dell'acqua sanitaria alle abitazioni, nonché la centrale termica. Il completamento dell'intero complesso è previsto per la fine del 2009. L'impianto geotermico fornisce una potenza massima di circa 150 kW, il resto viene eventualmente integrato dalla caldaia a gasolio qualora la contemporaneità di richiesta superi le potenzialità della pompa di calore. Oltre ad un controllo sulla potenza richiesta, il sistema di gestione monitora anche l'energia estratta dal campo sonde, al fine di evitare l'eccessivo depauperamento del terreno.

L'energia estraibile dal terreno è infatti limitata dalla velocità di ricarica del terreno e bisogna evitare nel modo più assoluto che si raggiungano nel terreno temperature dannose per le sonde (in particolare è da evitare il congelamento del fluido termovettore e del terreno circostante le sonde).

Si è pertanto costruito un algoritmo che confronta periodicamente i dati di produzione di energia reali con i dati di progetto: qualora riscontri un sovrasfruttamento del campo sonde, inibisce provvisoriamente il funzionamento delle pompe di calore fino a quando non si rientra nella parametrizzazione prevista a progetto.

Il fabbisogno complessivo di energia termica delle abitazioni, fornito dal solo impianto geotermico, è stimato pari a circa 720 MWh/anno.

Eventuali fabbisogni ulteriori vengono invece coperti dalla caldaia integrativa.

Il rendimento medio della pompa di calore si attesta intorno a COP 4, ossia per ogni kWh di energia elettrica alla pompa di calore ne vengono ceduti 4 all'impianto di riscaldamento (di cui 3 prelevati dal terreno).

L'impianto geotermico è dunque progettato per consumare circa 180 MWh anno di energia elettrica, corrispondenti a circa 40 TEP.

## / RAFFRONTO CON LA SITUAZIONE PREESISTENTE

Per fare il raffronto con la miglior soluzione alternativa dell'impianto centralizzato di tipo geotermico bisogna prendere in esame l'installazione di una serie di caldaie autonome a GPL, utilizzate sia per la produzione di acqua calda sanitaria, che per il riscaldamento.

Sebbene tecnicamente possibile, la soluzione di centrale termica centralizzata a gasolio è da scartare a priori per l'elevato impatto ambientale e i maggiori costi di esercizio. Il GPL trasportato in loco è di tipo "Propano commerciale" e ha potere calorifico pari a  $99 \text{ MJ/m}^3$  pari a  $23.650 \text{ kcal/m}^3$ . In condizioni di pressione ambiente e temperatura di  $15^\circ \text{C}$  il GPL liquido sviluppa circa 270 litri di gas.

Il confronto tra i consumi deve tenere conto che la soluzione con caldaie autonome permette di ridurre le perdite per dispersione delle tubazioni del teleriscaldamento, per cui il fabbisogno degli alloggi è coperto con circa 670 MWh complessivi.

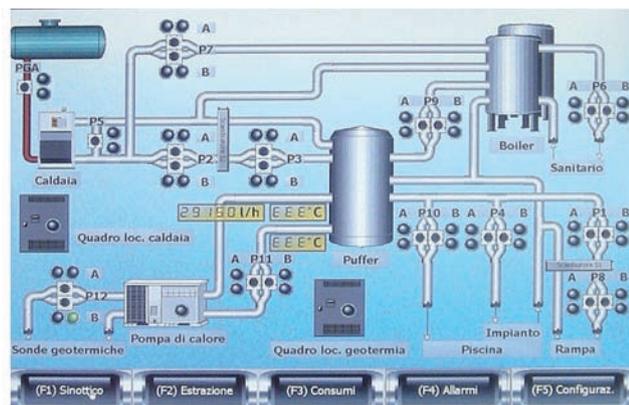
Considerando rendimento medio annuo del 90% (alcuni studi parlano in verità di rendimenti reali prossimi al 60%) il gas complessivamente richiesto è pari a circa  $27.070 \text{ m}^3$ /anno e l'energia primaria è equivalente a poco meno di 70 tep. Dal confronto tra i dati scaturisce un risparmio netto del 42% circa.

## / VANTAGGI AMBIENTALI

In termini di emissioni di anidride carbonica, l'impianto geotermico permette di risparmiare circa 139 tonnellate annue di  $\text{CO}_2$ , rispetto ad un impianto di riscaldamento tradizionale. L'esperienza di "Pra di Riva" è facilmente replicabile in tutto il contesto regionale.

Mentre all'epoca della presentazione della domanda di contributo tale soluzione aveva carattere quasi sperimentale, oggi si può affermare che lo sfruttamento dell'energia geotermica a bassa entalpia mediante pompe di calore è una tecnologia matura e la sua diffusione risulta sempre maggiore, sia a livello regionale sia nazionale.

Sinottico di Controllo e Gestione dell'Impianto



Tale crescente diffusione è determinata anche da decremento dei costi di installazione rispetto alle prime applicazioni di questi impianti.

L'evoluzione tecnica delle pompe di calore permetterà inoltre in futuro l'installazione di tali impianti non solo in edifici nuovi, ma anche negli edifici esistenti in sostituzione dei generatori a combustione.

Mediamente con i sistemi geotermici a bassa entalpia si realizza un risparmio del 40-50% di CO<sub>2</sub> emessa, un risparmio del 30% di energia primaria e il convogliamento di tutti gli inquinanti, ad esempio polveri e ossidi di azoto, in corrispondenza delle centrali di produzione di energia elettrica, con conseguente miglioramento della qualità dell'aria nelle aree urbane.

Considerata la continua crescita della richiesta del raffrescamento estivo in edilizia civile, e considerato che applicando agli impianti geotermici di riscaldamento anche la funzione di raffrescamento semplicemente prevedendo pompe di calore reversibili, il sistema geotermico potrà assicurare sinergia ed economicità agli utenti nonché contribuire notevolmente al risparmio di energia primaria e alla riduzione di emissioni di CO<sub>2</sub>.

### / SOVRACCOSTI E VANTAGGI GESTIONALI

I costi di costruzione dell'impianto di "Prà di Riva" sono stati rilevanti e si è stimato un sovraccosto rispetto alla soluzione a caldaie monofamiliari dell'ordine di 800 mila euro, parzialmente coperti dal contributo regionale pari a 316.277 euro.

Il vantaggio in termini gestionali è modesto, se rapportato all'investimento sostenuto, ed è dell'ordine dei 10.000 euro annui, con un conseguente tempo di ritorno pari a 80 anni, se non si considera il contributo regionale, e a circa 50 se invece lo si considera.

Questo dato va però commentato. Innanzitutto, i costi di costruzione sono stati elevati per il forte carattere sperimentale dell'installazione: allo stato attuale del mercato sarebbero considerevolmente inferiori.



In secondo luogo non era tra le priorità del committente ottimizzare i tempi di ritorno dell'investimento, ma piuttosto di proporre ai propri clienti una soluzione energetica di pregio: il ritorno è stato soprattutto di immagine.

Attualmente gli impianti geotermici presentano in media un tempo di ritorno dell'ordine dei 10 anni, senza considerare i tassi di inflazione sul costo dell'energia e i tassi di interesse sul capitale investito.

Viste le fluttuazioni dei prezzi di mercato dell'energia, che vedono crescere sempre più il prezzo dei combustibili fossili rispetto all'energia elettrica, il tempo di ritorno dell'investimento tenderà presumibilmente ad abbassarsi ulteriormente nell'arco dei prossimi anni.



Proponente | **Gianluigi Berrone**  
Progetto | **Ing. Gianluigi Berrone – Geom. Marco Moglia**

# NUOVO EDIFICIO UNIFAMILIARE AD ALTA EFFICIENZA ENERGETICA

## / TIPOLOGIA DI EDIFICIO E SUA DESTINAZIONE D'USO

L'edificio unifamiliare di nuova costruzione, con superficie utile pari a circa 180 m<sup>2</sup> calpestabili, è stato realizzato nel Comune di Ronco Biellese (BI), 460 m. s.l.m., zona climatica E, piccolo centro della prima collina biellese in una zona recentemente resa edificabile dal nuovo PRG.

L'area è nelle vicinanze della Riserva Naturale Regionale del Brich di Zumaglia e del Monte Prève, per cui la scelta di costruire un edificio ad alta efficienza energetica risponde anche al criterio di un "armonioso inserimento nel contesto naturale", prescritto dal Piano Regolatore.

Il progetto dell'abitazione nasce dalla precisa volontà della committenza, particolarmente sensibile alle problematiche ambientali, che ha scelto di ricorrere a tecniche progettuali e costruttive tipiche della bioarchitettura e dell'edilizia sostenibile, con una particolare attenzione rivolta all'uso di materiali e tecnologie rispettose del contesto o da esso stesso mutate.



Pertanto l'innovazione, il modernismo, il simbolismo formale, l'integrazione paesaggistica, l'architettura bioclimatica ed energeticamente efficiente che caratterizzano il progetto rappresentano i differenti punti qualificanti di un pensiero progettuale unitario e coerente.

### **/ CARATTERISTICHE DEGLI ELEMENTI OPACHI E TRASPARENTI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO**

L'intervento riguarda la realizzazione di un edificio ad alta efficienza energetica, in cui sono messe in atto, a scopo dimostrativo, tutte le strategie progettuali disponibili per ottenere un involucro a bassa dispersione, che sfrutti al massimo gli apporti solari gratuiti.

L'obiettivo del progetto è stato di arrivare ad una costruzione che si sostenga nel tempo solamente grazie a poca



energia proveniente da fonti rinnovabili e che quindi abbia un "impronta ecologica" sia locale sia globale pressoché nulla. Il tutto ricorrendo a tecnologie costruttive a materiali maggiormente legati alla tradizione edilizia di questa zona del biellese rispetto, per esempio, a soluzioni di prefabbricazione in legno.

In particolare gli accorgimenti progettuali adottati sono i seguenti:

**Facciata principale orientata a S-SE** per massimizzare gli apporti solari gratuiti, nonché il rendimento di eventuali pannelli solari sul tetto, sia fotovoltaici sia termici. Non è presente alcuna apertura sul lato nord, protetto da una barriera arborea, per minimizzare la dispersione di calore.

**Forma compatta** dell'edificio per limitare la superficie disperdente: rapporto superficie disperdente su volume  $(S/V) = 0,71$ .

**Disposizione degli ambienti** di servizio (scala, ripostiglio, stineria, bagno piano terreno) sul lato nord e degli ambienti abitati sul lato sud, sempre al fine di sfruttare il più possibile gli apporti solari.

**Isolamento delle pareti opache verticali**, realizzate in laterizio portante porizzato (30 cm) ad incastro di produzione locale, mediante cappotto isolante da 10 cm in pannelli in polistirene espanso additivati con grafite ( $\lambda = 0,032$  W/mK) e microforati per garantire una buona traspirazione. La microforatura permette inoltre la messa in opera dei pannelli con l'uso del solo collante, senza ricorso alla tassellatura che è fonte di ponti termici causati dalle teste dei chiodi di ancoraggio.



Particolare del cappotto



Posa in opera del cappotto

A contatto con gli infissi sono stati utilizzati gli appositi profili del sistema di isolamento per sigillare e disaccoppiare i pannelli dai telai.

Con tale stratigrafia si raggiunge un valore di trasmittanza termica (U) pari a  $0,21$  W/m<sup>2</sup>K. Il buon valore di massa volumica della parete nel suo complesso permette di ottenere buone caratteristiche di inerzia termica.

**ISOLAMENTO DEL SOLAIO PIANO TERRA** Il solaio, costituito da lastre "predalles" con elemento di riempimento in polistirolo espanso da 14 cm sopra il vespaio aerato, è isolato mediante un primo strato da 4 cm di massetto premiscelato isolante, che ha lo scopo di proteggere le tubazioni durante le successive fasi costruttive.



Lastre "predalles" del primo solaio su vespaio aerato

**ISOLAMNETO DEL SOLAIO VERSO IL SOTTOTETTO** (locale non riscaldato) mediante uno strato di pannelli di polistirene estruso da 14 cm, sormontati da una caldana tradizionale in calcestruzzo e rete elettrosaldata da 5 cm, con i quali si raggiunge un valore di trasmittanza termica (U) di 0,23 W/m<sup>2</sup>K



Posa in opera isolamento sottotetto e particolari dell'isolamento



Isolamento del primo solaio: pannelli in polistirene e pannelli riscaldamento (in colore azzurro)

Segue uno strato di pannelli di polistirene estruso da 6 cm, che si accoppiano con i pannelli portatubo del riscaldamento a pavimento, in polistirene espanso sinterizzato da 3 cm. Con tale stratigrafia si ottiene un valore di trasmittanza termica (U) pari a 0,22 W/m<sup>2</sup>K.



Ad incrementare ulteriormente tale valore contribuisce la copertura dell'edificio realizzata in calcestruzzo rivestito con pannelli in alluminio coibentati.

**AMPIE SUPERFICI FINESTRATE** con telaio in PVC rivolte a Sud (circa 30 m<sup>2</sup>) e ad ovest (circa 9 m<sup>2</sup>), che permettono di sfruttare l'apporto luminoso e termico dei raggi del basso sole invernale. Le vetrocamere sono di tipo basso emissivo con gas argon nell'intercapedine ( $U_w=1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) e consentono di catturare apporti solari gratuiti pari a 8.400 kWh/anno, contro i 12.500 kWh/anno di perdite per trasmissione e ventilazione.

Gli infissi sono del tipo con veneziana incorporata e permettono la regolazione continua della quantità di luce che entra nell'edificio, consentendo di dosare con precisione la quantità di apporti solari. Le chiusure trasparenti assumono quindi funzione di veri e propri generatori di calore integrativi del sistema edificio-impianto.



**AGGETTI DEL BALCONE E DELLA PENSILINA** progettati in modo da funzionare da schermi solari durante i mesi estivi, senza ostacolare l'irraggiamento delle superfici vetrate nei mesi invernali quando il sole è basso.



Il modulo di isolamento del balcone

La struttura del balcone è svincolata termicamente da quella dell'edificio, tramite appositi elementi di disaccoppiamento, per minimizzare i ponti termici.

E' previsto di schermare, eventualmente, la parete ovest dai raggi solari estivi mediante la piantumazione di alberi cedui che permettano in inverno la cattura del calore solare attraverso gli infissi ed ombreggino in estate grazie al fogliame.



Il modulo di isolamento del balcone in opera

## / DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI A SERVIZIO DELL'EDIFICIO

All'involucro altamente efficiente si è scelto di affiancare un sistema geotermico per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria. La bassa potenza termica richiesta per il riscaldamento dell'edificio, pari a circa 6 kW, è fornita da una pompa di calore che ben si accoppia con l'impianto di riscaldamento a pavimento a bassa temperatura (temperatura di progetto 32°). In particolare, si è scelto di ricorrere ad una pompa di calore suolo-acqua con sonde geotermiche a "basket".

Questa tecnologia di captazione del calore del terreno, ampiamente diffusa in nord Europa, in particolare in Germania e Svizzera ("Spiralkollektoren"), ma ancora non particolarmente diffusa in Italia, può considerarsi una via di mezzo tra la tecnologia a sonde verticali e quella a sonde orizzontali. La pompa di calore viene utilizzata anche per la produzione dell'acqua calda sanitaria, che viene accumulata in un apposito boiler da 300 lt.



Scavo del foro per la posa dei basket



Campo sonde e collegamento dei basket



Il basket geotermico



Centrale termica

Si è scelto di non integrare, per adesso, la produzione di acqua calda con un sistema solare termico, sia per semplificare l'impianto, sia perché la bassa richiesta di potenza elettrica non giustifica né economicamente, né a livello di emissioni CO<sub>2</sub> l'investimento.

I "basket" consistono in cilindri formati da una spirale di tubo in polietilene alta 2 metri e di diametro pari a 60 cm, che devono essere inseriti ad una profondità di 1,5 m dalla superficie, in un foro riempito di sabbia fine con lo scopo di favorire lo scambio termico con il terreno circostante. I basket distano tra loro almeno 4 metri, ed ognuno di essi è in grado di assorbire dal terreno una potenza nominale di 500 W. Nell'edificio in questione sono stati disposti 16 basket in due file da 8 ciascuna.

Si è inoltre installato un impianto di ventilazione meccanica controllata (VMC) da 300 m<sup>3</sup>/h, con recupero di calore dall'aria esausta, scambiatore geotermico dell'aria in ingresso per il preriscaldamento invernale e free-cooling estivo mediante by-pass dello scambiatore.

L'impianto permette, in inverno, di ricambiare l'aria all'interno dell'edificio senza dover aprire le finestre.

In ogni caso, si sottolinea come la copertura dell'edificio sia stata comunque progettata per accogliere un impianto solare fotovoltaico che verrà realizzato nei prossimi anni, dopo aver monitorato attentamente i reali consumi energetici dell'edificio, al fine di un suo corretto dimensionamento.



Preso d'aria esterna dell'impianto VMC



Il recuperatore di calore dell'impianto VMC



Rete di distribuzione dell'aria di ricambio

La superficie di tetto di 40 m<sup>2</sup> inclinata a 30° con esposizione a Sud/Sud-Est, se completamente ricoperta di pannelli, consentirà di ospitare un impianto in silicio monocristallino da 5,7 kWp.



Sistema radiante a pavimento

La producibilità di tale impianto sarà di circa 5.500 kWh/a, che sarebbero sufficienti a coprire sia il fabbisogno di energia elettrica della pompa di calore (1.835 kWh/anno), sia il consumo dell'impianto di VMC (480 kWh/anno), sia il consumo per illuminazione ed elettrodomestici (2.600 kWh/anno), ottenendo quindi, su base annua, un bilancio energetico positivo dell'edificio, che produrrebbe più energia (rinnovabile) di quanto consuma.

## / INDICAZIONE DEL FABBISOGNO SPECIFICO ANNUO DI ENERGIA

Tutti gli accorgimenti progettuali sopradescritti hanno come risultato che il fabbisogno energetico annuo (di progetto) per il riscaldamento dell'edificio, in base ai calcoli effettuati utilizzando un software conforme alla metodologia della norma UNI-EN 832, si attesta su un valore di 12,9 kWh/m<sup>2</sup>, tipico delle case passive.

## / PRIMI RISULTATI

L'abitazione, realizzata in circa 11 mesi, è abitata dall'agosto 2008. Le prime impressioni (a marzo 2009) di reale utilizzo dell'edificio, stanno confermando la validità delle scelte progettuali: infatti è stato necessario ricorrere al riscaldamento dai primi giorni di dicembre ai primi giorni di marzo. I consumi per il riscaldamento e la produzione di acqua calda, nelle giornate più fredde, si attestano sui 20-22 kWh elettrici.

Si conferma, inoltre, l'ottimo comportamento delle superfici vetrate, che nelle giornate invernali soleggiate consentono di ottenere all'interno dell'abitazione temperature di 22-23 gradi, senza il ricorso all'impianto di riscaldamento, pur con temperature esterne di 2-3 gradi sotto zero.

L'elevato grado di coibentazione consente, durante la notte, di mantenere all'interno dell'edificio il calore accumulato durante il giorno grazie agli apporti solari gratuiti, con un abbassamento della temperatura, al mattino, di circa 1-1,5 gradi.



Proponente | Chiara Borsero

Progetto | E2lab – Architetti Chiara Borsero, Maurizio Maggi, Luca Tartaglia

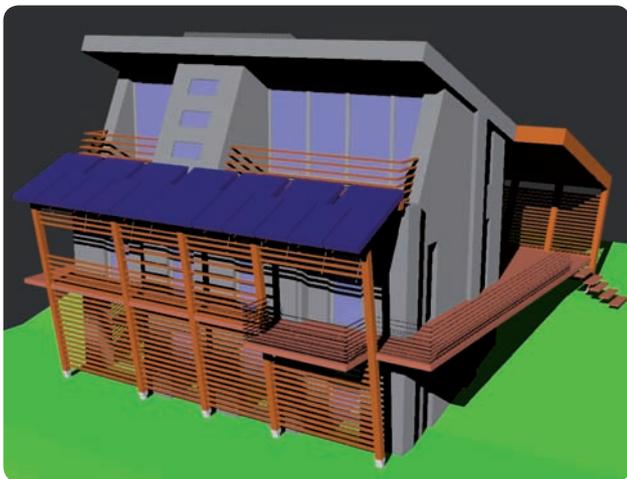
# RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DI EDIFICIO RESIDENZIALE ESISTENTE

## / TIPOLOGIA DI EDIFICIO E SUA DESTINAZIONE D'USO

Il fabbricato oggetto di intervento, la cui epoca di costruzione risale agli anni 1965-'67, è situato nel Comune di Pino Torinese ed è costituito da un piano seminterrato, un piano terra ed uno mansarda.

L'edificio originario rappresenta uno dei numerosi esempi di costruzione di cui è cosparso il territorio collinare, caratterizzato da muratura in calcestruzzo al piano seminterrato e muratura a cassa vuota ai piani terra e mansardato. I prospetti si presentano con una zoccolatura in pietra e pareti intonacate, ad eccezione dell'ultimo piano in cui le pareti erano rivestite con piastrelle in clinker.

L'impianto termico è costituito da una caldaia a gasolio pari a 50 kW e da corpi radianti in ferro ai diversi piani. L'impianto idro-sanitario è composto da tubazioni in ferro ed i serramenti presenti sono a doppia camera d'aria su telaio ligneo.



Render dell'edificio

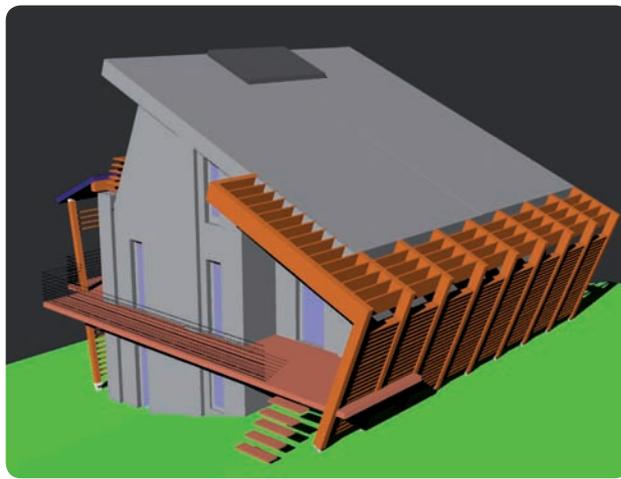
## / DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'approccio riqualificativo seguito si è incentrato sulla trasformazione dell'edificio residenziale unifamiliare in un fabbricato all'avanguardia dal punto di vista del contenimento energetico.

Lo stato ex ante intervento presenta un valore di classificazione energetica non classificabile, desunto dal Software DOCET promosso dall'Enea; l'intervento realizzato porta l'edificio a dei valori prestazionali pari a quelli di una classe A, diventando un esempio di rifunionalizzazione energetica edificio-impianto altamente replicabile in casi similari.

Attualmente si tratta dell'unico esempio di trasformazione di un edificio esistente nell'area del Comune di Pino Torinese, la cui riqualificazione non solo si è adeguata alle normative energetiche in vigore ed ai valori estremamente restrittivi promossi dallo Stralcio di Piano per il riscaldamento ambientale ed il condizionamento estivo e dalla L.13/07 della Regione Piemonte, ma ha perseguito valori considerati basilari per edifici ad involucro passivo ( $U < 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$  pareti e  $U < 1 \text{ W/m}^2\text{K}$  serramenti).

La metodologia di intervento ritenuta più idonea per un



approccio integrale all'efficienza energetica è consistita nell'ottimizzazione delle prestazioni dell'involucro edilizio e nell'ottimizzazione delle prestazioni impiantistiche.

## OTTIMIZZAZIONE DELLE PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

Al fine di ottemperare alle disposizioni normative nazionali e regionali in materia di contenimento dei consumi energetici, le ipotesi relative all'intervento sull'edificio unifamiliare in questione, hanno seguito le successive linee progettuali:

- \_riduzione delle dispersioni termiche nel periodo invernale
  - \_mediante adeguato isolamento delle pareti disperdenti perimetrali, della copertura, dei solai verso terra e/o verso ambienti non riscaldati;
- \_eliminazione dei ponti termici;
- \_predisposizione di adeguati serramenti esterni;
- \_riduzione dei carichi estivi mediante schermature solari;

## RIDUZIONE DISPERSIONI TERMICHE

L'edificio è costituito da un involucro con pareti in calcestruzzo, al piano seminterrato sui quattro fronti, mentre la muratura ai piani superiori è a cassavuota in laterizio senza interposizione di materiale isolante. I valori di riferimento adottati per l'involucro riqualificato sono:

Trasmittanza termica delle strutture verticali opache  
0.15 W/m<sup>2</sup>K

Trasmittanza termica delle strutture orizzontali opache  
0.13 W/m<sup>2</sup>K

Trasmittanza termica delle pareti divisorie interne  
0.8 W/m<sup>2</sup>K

Trasmittanza termica delle chiusure trasparenti  
(valore medio vetro/telaio)  
1.0 W/m<sup>2</sup>K



Posa pannelli OSB su copertura ed abbaino

Al fine di adeguare a tali valori di trasmittanza e inerzia termica le strutture opache orizzontali e verticali si è intervenuti sui prospetti, mediante l'applicazione sul profilo esterno della muratura di pannelli di polistirene espanso sinterizzato con aggiunta di grafite con spessore cm.16. Questo materiale termocoibente è leggero, ecosostenibile e riciclabile ed ha una trasmittanza  $U=0.031\text{W/mK}$ .

Il sistema di fissaggio avviene tramite tasselli ad espansione in polipropilene, previo incollaggio delle lastre sulla muratura. Tale soluzione, prevista per le pareti opache verticali, garantisce un elevato benessere igrometrico, durabilità, attrezzabilità ed un miglioramento estetico dell'esistente.

Inoltre il sistema di cappottatura utilizzato non grava sulla struttura, grazie al ridotto peso dei materiali adottati. Un'analoga metodologia è stata utilizzata al fine di isolare termicamente tutti i volumi interni considerabili freddi o fattori di possibili dispersioni termiche, mediante l'utilizzo di pannelli in vetro cellulare.

Il piano seminterrato è stato oggetto di risanamento mediante le seguenti operazioni:

- \_realizzazione di un contro muro in cemento armato lungo il perimetro interrato esterno costituente superficie atta a ricevere uno strato di guaina bituminosa;
- \_incollaggio di coibentazione in vetro cellulare, spessore 10 cm., su precedente stesura di guaina bituminosa;
- \_posa di telo drenante, inerti e reinterro;
- \_realizzazione di vespaio aerato sull'intera superficie del piano seminterrato;
- \_le tramezzature interne dei locali riscaldati seminterrati, al fine di evitare il ponte termico derivato dall'appoggio diretto delle murature interne sulla zona fredda – costituita dal massetto sopra il vespaio aerato - sono state innalzate previa interposizione di blocchi in vetro cellulare di spessore 10 cm. e altezza 30 cm. (altezza del battiscopa pavimento finito);
- \_blocchi in vetro cellulare di spessore cm. 10 e altezza pari a cm. 100 sono stati incollati su tutta la lunghezza del perimetro del fabbricato sulla superficie interna della muratura di tutti i locali riscaldati, risvoltando tale isolamento anche in corrispondenza delle mazzette delle porte finestre, per diminuire il ponte termico costituito dall'attacco a terra del fabbricato.



Posa del vetro cellulare sulle fondazioni

Le murature perimetrali del piano terra non sono state oggetto di intervento di carattere energetico ma solo di carattere statico, mediante la creazione puntuale di alcuni pilastri in mattoni pieni nello spessore della muratura esterna a cassavuota, mentre al piano mansardato si è scelto di demolire e ricostruire in blocchi porizzati da 24 cm. le murature perimetrali.

Tali pareti, oltre a costituire gli appoggi delle travi del tetto, hanno anche la funzione di aumentare la massa termica del piano mansardato. Al fine di evitare l'insorgere di ponti termici generati dalla contiguità di zone termiche differenti (locale caldaia e cantina - zona garage e portico esterno), i solai interni saranno coibentati all'intradosso. Sull'estradosso, previa costruzione di un massetto alleggerito a copertura degli impianti elettrici ed idraulici e successiva interposizione di uno strato di materiale isolante, sarà posizionato il sistema radiante a serpentine per il raffreddamento/ riscaldamento dei locali.

Il solaio in copertura è stato realizzato con la seguente stratigrafia:

- \_orditura principale in legno lamellare;
- \_lastre di cartongesso spessore cm 1.3;
- \_pannelli di fibra di legno per uno spessore di 6 cm;
- \_tavolato maschio-femmina in abete spessore di cm. 3;
- \_barriera al vapore;
- \_coibentazione mediante pannelli in polistirene espanso sinterizzato con aggiunta di grafite spessore di cm. 24;
- \_pannelli in legno osb per uno spessore di cm. 2;
- \_telo impermeabile all'acqua ad alta traspirabilità;
- \_listellatura di ventilazione;
- \_rivestimento in lastre di aluzinc.



Isolamento dell'abbaino

Ogni singola chiodatura/avvitatura è stata eseguita mediante preventivo posizionamento di nastro butilico, per sigillare all'aria e all'acqua il foro sulla barriera al vapore o sul telo.

Al fine di ottenere la tenuta all'aria dell'edificio, si è scelto di far risvoltare la prima barriera al vapore, posizionata sopra il tavolato, sulle murature esterne perimetrali e qui fissarla sigillandola alla muratura stessa mediante nastro butilico. Tale barriera verrà successivamente ricoperta dal cappotto perimetrale.

La travatura lamellare interna del tetto non prosegue all'esterno bensì si inserisce mediante incastri a coda di rondine sulle travi di banchina perimetrali.

Queste sono state adagiate su guarnizioni ad espansione al fine di limitare il passaggio eventuale di aria dovuto a differenze di accoppiamento tra materiali differenti, quali legno e calcestruzzo, e tutte le giunzioni sono state successivamente sigillate con nastri adesivi acrilici.

La prosecuzione all'esterno delle travi interne avrebbe rappresentato un problema difficilmente superabile nelle operazioni di chiusura della barriera al vapore, rappresentando un punto debole nella sigillatura all'aria del tetto.

Per tali motivi le travi lignee costituenti gli aggetti esterni della copertura, che come sopra descritto non sono la prosecuzione delle travi lignee interne, sono state posizionate sopra la barriera al vapore, avvitandole alle travi sottostanti (previa interposizione di nastro butilico) su cui sono state sovrapposte per una lunghezza pari all'aggetto.

Tali travi di aggetto risultano quindi inserite all'interno del pacchetto di coibentazione del tetto e risultano ricoperte da cm. 4 di polistirene espanso sinterizzato contenente grafite.



Isolamento dell'abbaino



Posa isolamento del tetto

## / PONTI TERMICI

L'intervento di riqualificazione dell'involucro edilizio è stato strutturato in modo tale da limitare e annullare il più possibile i ponti termici esistenti sul fabbricato pre intervento, in particolare:

- \_copertura in latero-cemento non isolata;
- \_solette in calcestruzzo interne fuoriuscenti dal fabbricato costituenti sporti del tetto e dei balconi;
- \_infissi a vetro singolo o trasformati a doppio vetro ma senza guarnizioni;
- \_cassonetti degli avvolgibili;
- \_murature esterne non isolate;
- \_continuazione delle soglie delle aperture (finestre e porte finestre) da interno ad esterno;
- \_tubature dell'impianto di riscaldamento non isolate;
- \_fughe di calore da aerazioni non controllate o non volute.



Posa pannelli isolanti in fibra di legno

## / SERRAMENTI

Oltre all'intervento di cappottatura perimetrale esterna sull'intero involucro, per eliminare possibili ponti termici geometrici o fisici costituiti da discontinuità dei materiali, si è previsto di installare i serramenti sul filo esterno della parete esistente e far proseguire l'isolante del cappotto sui montanti del telaio dei serramenti stessi.

I serramenti esterni al piano seminterrato e al piano mansarda vengono posizionati su blocchi di vetro cellulare, mentre al piano terra sono appoggiati su blocchi porizzati. Per oscurare le finestre/porte finestre si sono scelte persiane esterne scorrevoli o avvolgibili con cassonetti esterni coibentati per evitare ulteriori ponti termici dati da fuoriuscite dia raia incontrollate o scarsità di coibentazione nel cassonetto. La scelta, in corso d'opera, di modificare la tipologia di serramento ha permesso di raggiungere valori di trasmittanza del sistema vetro+telaio pari a  $U=0,88 \text{ W/m}^2\text{K}$ , con un valore per il vetro pari a  $U=0,66 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Questi dati sono ancora più restrittivi di quelli precedentemente previsti durante la compilazione del Bando Regionale ( $U=1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Le alte prestazioni degli infissi sono dovute a vetri tripli basso-emissivi con doppia camera e gas argon all'interno; la struttura del telaio e dei montanti è in legno morbido con profilo da 9 cm.

## / OMBREGGIAMENTO E CONTROLLO SOLARE

La riqualificazione energetica dell'edificio in oggetto necessita anche di evitare che la radiazione solare globale incidente nel periodo estivo, penetri all'interno delle superfici vetrate o incida direttamente sulle pareti, traducendosi in un elemento peggiorativo.

Le scelte adottate si sono incentrate su due interventi: uno di tipo diretto ed uno di tipo indiretto.

### - Intervento diretto -

L'intervento diretto è consistito nell'inserimento di un sistema di schermature solari esterne, collocate direttamente sulle facciate principalmente esposte ad irraggiamento solare, consistente in lamelle fisse in legno, tali da permettere una notevole riduzione dei carichi estivi ed elevati livelli di ombreggiamento durante lo stesso periodo, garantendo al contempo buone condizioni di illuminamento interno nel periodo invernale.

Le inclinazioni delle lamelle e della struttura di supporto variano nelle diverse facciate ovest ed est - in modo da garantire, in base al percorso solare individuato per latitudine e longitudine, l'intercettazione dei raggi solari prima che raggiungano le superfici vetrate e le pareti opache, riflettendo verso l'esterno una parte dei raggi incidenti.

La scelta del legno è stata orientata da fattori estetici, di ecosostenibilità e di costi contenuti; il calore creatosi per surriscaldamento delle lamelle viene poi totalmente dissipato mediante ventilazione naturale.

Il sistema sul fronte ovest è stato ulteriormente integrato nella sua funzione grazie all'alloggiamento sulla sua copertura dei pannelli fotovoltaici necessari per la produzione di almeno il 50% del fabbisogno di energia elettrica dell'edificio.

### - Intervento indiretto -

Il secondo intervento volto al controllo della luce solare è stato definito indiretto in quanto non direttamente a contatto con il fabbricato. La soluzione prevede di utilizzare una serie di piantumazioni nell'area verde di pertinenza della proprietà al fine di garantire una riduzione dei carichi estivi incidenti sulla facciata sud, sprovvista di sistemi di schermatura solare. L'utilizzo di alberature di tipo stagionale permette, inoltre, di avere il massimo soleggiamento nel periodo invernale ed un limitato irraggiamento diretto nel periodo estivo. Questa soluzione genera fenomeni di ombreggiamento di tipo passivo ed integra l'edificio con l'ambiente circostante, utilizzando barriere e schermature naturali in alternativa a quelle artificiali predisposte sui fronti sopra descritti.

### / OTTIMIZZAZIONE DELLE PRESTAZIONI IMPIANTISTICHE

Al fine di contribuire al miglioramento energetico del fabbricato, sulla base della normativa nazionale e regionale, si rende necessario predisporre una serie di interventi migliorativi e di integrazione legati al supporto impiantistico. Come per l'involucro ed i serramenti, le scelte individuate mirano a raggiungere valori maggiormente restrittivi rispetto a quelli richiesti dalla normativa.



Impianto di ventilazione meccanica controllata - recuperatore di calore



Impianto solare termico - bollitore



Ventilazione meccanica controllata - posa dei tubi interrati



Inserimento pannelli fibre di legno sulle prese d'aria sigillate

In sintesi gli interventi riguarderanno:

1. Inserimento di pannelli solari sulla falda principale per la produzione di acqua calda sanitaria (ACS).
2. Alloggiamento di sistema fotovoltaico sull'aggetto del fronte ovest per la produzione di energia elettrica.
3. Recupero delle acque meteoriche a fini irrigui e per le cassette di cacciata, mediante l'interramento di un serbatoio di raccolta avente capacità pari a 9200 litri.
4. Installazione di un sistema di riscaldamento e raffrescamento mediante pompa di calore geotermica a scambio verticale.
5. Utilizzo di sistemi radianti per la diffusione del calore negli ambienti a bassa temperatura.
6. Installazione di un impianto di ventilazione meccanica e recuperatori di calore.



Ventilazione meccanica controllata - posa dei tubi interrati

**1**—Il sistema di produzione di acqua calda sanitaria mediante solare termico è dimensionato per una copertura pari all'80% del fabbisogno termico annuale.

I componenti principali del sistema sono:

— i collettori solari, del tipo con tubi sottovuoto, che captano la radiazione solare e la convertono in energia termica utilizzabile dall'impianto;

— il serbatoio multienergia, di capacità pari a 1000 litri, con la funzione di accumulare l'energia solare quando questa è disponibile e al fine di utilizzarla nel tempo, anche quando non c'è insolazione.

In caso di prolungata assenza di sole, soprattutto nei mesi invernali, la pompa di calore integra l'energia necessaria a scaldare l'acqua sanitaria.

Nelle giornate in cui è presente una buona insolazione ma vi è comunque l'esigenza di riscaldare l'abitazione, il sistema contribuisce anche a riscaldare gli ambienti.

**2**—L'impianto dei pannelli fotovoltaici è costituito da 20 elementi inseriti nel sistema di schermatura solare sul fronte ovest. Ogni pannello ha una potenza di 200 W per un totale di 4 kW con una resa garantita del 90% dopo 10 anni e dell'80% dopo 25 anni.

L'impianto è in grado di produrre energia per coprire almeno il 50-60% del fabbisogno medio annuale.

**3**—Il sistema di recupero delle acque meteoriche consente lo stoccaggio dell'acqua piovana tramite un serbatoio di raccolta interrato di capacità pari a 9200 litri, alimentato dal sistema di captazione derivante dalle gronde in copertura e munito di apposito meccanismo di filtraggio per le acque di prima pioggia. Dal serbatoio di accumulo, una centralina con elettropompa, sarà in grado di prelevare l'acqua per alimentare le cassette di cacciata dei WC e l'impianto di irrigazione del giardino.

**4**—La produzione dell'energia termica e frigorifera è affidata ad un sistema a pompa di calore geotermica.

Essa massimizza la propria efficienza energetica sfruttando il suolo come sorgente termica da cui attingere calore in inverno e disperderlo in estate. I componenti principali del sistema di produzione sono:

— la pompa di calore, con resa pari a 9 kW termici e 12 kW frigoriferi;

— gli scambiatori geotermici, costituiti da due pozzi verticali di profondità pari a circa 120 m, nei quali vengono inseriti 4 tubi, due di mandata e due di ripresa, percorsi da una miscela di acqua e antigelo.

**5**—L'impianto di riscaldamento è costituito da tubi disposti a serpentina e integrati nel sottofondo del pavimento. Questa tecnologia sfrutta l'ampia superficie di pavimento e la relativa massa, per diffondere calore in inverno ed assorbirlo in estate mediante uno scambio termico di tipo radiante, garantendo maggiori comfort e minori consumi energetici. In questo modo è possibile scaldare gli ambienti con acqua a temperatura molto più bassa (30-35°C) rispetto ad un sistema di riscaldamento tradizionale (60-70°C) e di rinfrescare con acqua a temperatura più alta (18-23°C) rispetto ai tradizionali 7-12°C.

Tutto il funzionamento dell'impianto è gestito da un sofisticato sistema di termoregolazione, il quale in funzione della temperatura esterna, interna e dell'umidità relativa, controlla le condizioni di ogni ambiente.

**6**—Il ricambio dell'aria all'interno dell'abitazione è garantito da un sistema di ventilazione meccanica a flussi incrociati, che assicura una maggiore salubrità degli ambienti, aspirando gli inquinanti ed evitando la formazione di muffe e cattivi odori.

L'apporto non controllato di aria esterna comporta, in inverno ed estate, un dispendio energetico importante. Tale sistema consente di ridurre la dispersione energetica mediante un concetto di recupero termico che si realizza attraverso 2 fasi:

\_ la pretemperazione geotermica:

la presa di aria esterna avviene mediante l'aspirazione della stessa da un torrino di captazione posto nel giardino. L'aria viene fatta transitare in appositi tubi interrati, all'interno dei quali si pre-riscalda in inverno e si pre-raffresca in estate, giungendo all'interno dell'edificio nella sala tecnica posta nell'interrato. Da qui, avviene il passaggio nello scambiatore di calore a flussi incrociati; \_ il recuperatore a flussi incrociati, mediante uno scambiatore integrato nell'unità ventilante, aspira l'aria esausta dell'edificio attraverso apposite bocchette poste in bagni e cucine, scambia calore con l'aria fresca entrante e la immette negli ambienti di soggiorno e nelle camere da letto; in questo modo l'aria di rinnovo si preriscalda gratuitamente recuperando il calore dall'aria esausta degli ambienti interni.

Questo meccanismo consente un recupero di calore dall'aria interna dell'ordine del 95%, che diversamente, con la sola ventilazione naturale andrebbe disperso in atmosfera. Nella stagione in cui si richiede il raffrescamento degli ambienti, il sistema è in grado di funzionare in modalità detta "free cooling", nella quale l'aria esterna, nelle ore in cui la sua temperatura è più bassa di quella interna (notte e mezze stagioni), viene immessa direttamente negli ambienti senza passare nel recuperatore contribuendo così a raffrescare gli ambienti.

## / STATO AVANZAMENTO LAVORI

Ad oggi (aprile 2009) sull'edificio sono state eseguite, schematicamente, le seguenti lavorazioni di carattere energetico:

- \_coibentazione esterna del fabbricato con interposizione dal livello fondale di lastre di vetro cellulare, previa realizzazione di contromuro in cemento armato.
- Posa di guaina drenante, ghiaia e reinterro;
- \_posa serbatoio acque piovane;
- \_posa delle tubazioni e del pozzetto dell'impianto di ventilazione meccanica controllata;
- \_formazione di scassi murari per l'inserimento dei serramenti esterni e posa delle soglie in vetro cellulare (piano seminterrato) e gasbeton (piano terra-mansarda);
- \_coibentazione pareti interne piano seminterrato mediante lastre in vetro cellulare;
- \_posa controtelai serramenti esterni con trasmittanza pari a 0,88;
- \_completa demolizione e ricostruzione del piano copertura;
- \_realizzazione di nuovo tetto in legno lamellare: inserimento di guaine e nastri butilici di tenuta all'aria, formazione di pacchetto di coibentazione, inserimento di lastre in fibra di legno all'intradosso della copertura;
- \_posa di orditura principale della struttura frangisole;
- \_posa delle apparecchiature per la ventilazione meccanica
- \_posa dei collettori a tubi sottovuoto in copertura e del serbatoio multienergia da 1000 litri nell'interrato.

Le successive lavorazioni si concentreranno prevalentemente sugli interventi di carattere impiantistico, sulla posa del cappotto esterno (16 cm.) e sulla creazione dei sottofondi per la posa dei pannelli radianti.

Gli ultimi interventi riguarderanno la posa dei pannelli fotovoltaici (su struttura indipendente) e le operazioni per la posa dell'impianto geotermico, in quanto entrambi verranno eseguiti a ponteggio smontato.

## / CONCLUSIONI

L'applicazione concreta di tali interventi, sia sull'involucro che sul blocco impianti, porterà l'edificio ad una classificazione A, trasformando un tipico immobile degli anni '60, energivoro - con un consumo di 400 kWh/m<sup>2</sup> anno - in una moderna costruzione volta al contenimento ed al risparmio energetico che consumerà per scaldarsi circa 16,7 kWh/m<sup>2</sup> anno.

Quindi, per mantenere una temperatura interna dell'edificio di 20°, si passerà da una richiesta annua di 10.000 litri di gasolio ad una richiesta virtuale di soli 417,5 litri.

Questo rappresenta un grande vantaggio sia in termini economici che in termini di inquinamento, come si evince dalle tabelle riepilogative:

SITUAZIONE pre intervento			
Energia elettrica	Potenza Elettrica	3,5	kW
	Energia elettrica	3.150	kWh
	Ore annue di funzionamento	8.760	h
Energia termica	Potenza termica	56,7	kW
	Energia termica	204	MJ
	Ore annue di funzionamento	5.110	h
Energia Primaria	Consumo annuo combustibile liquido	3.116.735	kg/a

SITUAZIONE dopo intervento			
Energia elettrica	Potenza Elettrica	4,5	kW
	Energia elettrica	5.625	kWh
	Ore annue di funzionamento	8.760	h
Energia termica	Potenza termica	7,4	kW
	Energia termica	11,3	MJ
	Ore annue di funzionamento	5.110	h
Energia Primaria	Consumo annuo combustibile liquido	0	kg/a

RISPARMIO ENERGETICO		CO <sub>2</sub> risparmiata
Produzione energia elettrica da FotoVoltaico	4.264 kWh/a	2.452 kg
Produzione energia termica da pannelli solari	2.428 kWh/a	673 kg
	6.692 kWh/a	3.125 kg

Grazie al risparmio annuo sul costo del riscaldamento e al ritorno annuo dei pannelli fotovoltaici, il costo dell'intervento si ammortizza:

- in 12 anni se eseguito con contributo in conto capitale (40% fondo perduto) della Regione Piemonte;
- in assenza del contributo regionale in 13 anni, utilizzando la detrazione del 55% su interventi di riqualificazione energetica e/o del 36% sugli interventi di manutenzione.

Si segnala, infine, che è intenzione dei progettisti richiedere la certificazione da parte dell'Agenzia Casaclima di Bolzano, motivo per il quale diversi parametri progettuali sono stati ulteriormente migliorati in sede esecutiva.

Proponente | **Caleffi S.p.A**  
Progetto | **Studio di architettura Tekne e progettisti Caleffi**

# **NUOVO EDIFICIO INDUSTRIALE AD ALTA EFFICIENZA ENERGETICA**

## **/ TIPOLOGIA DI EDIFICIO E SUA DESTINAZIONE D'USO**

L'intervento riguarda la realizzazione del nuovo Centro Ricerche collegato allo stabilimento industriale di proprietà della ditta Caleffi S.p.A. (superficie occupata 45.000 m<sup>2</sup>), sito nel Comune di Fontaneto d'Agogna (NO).

L'edificio ha pianta quadrata (m 36x36 ca.), con maglia strutturale in travi reticolari e pilastri in acciaio ed è dotato di una modularità suddivisibile in elementi studiati per le più diversificate esigenze, con riguardo particolare per le energie rinnovabili, in un contesto di rispetto ambientale.



Le opere per le quali è stato ottenuto il contributo sono le seguenti:

- \_Sistemi di climatizzazione tramite pompe di calore per lo sfruttamento di energia geotermica a bassa entalpia. Sono stati realizzati tre impianti, di cui due dimostrativi ed uno per climatizzare tutto il nuovo Centro Ricerche.
- \_Sistema a pannelli solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria per tutto lo stabilimento, oltre che per l'esecuzione di test e lo sviluppo di nuovi prodotti per applicazioni impiantistiche a pannelli solari.
- \_Involucro edilizio. I materiali e le coibentazioni utilizzati hanno permesso di realizzare un edificio di tipologia industriale a basso consumo energetico tramite l'utilizzo di materiali in commercio che permettono di avere dei bassi coefficienti di dispersione termica e quindi un conseguente risparmio energetico.

Il nuovo edificio, caratterizzato da un volume riscaldato pari a  $8347,41 \text{ m}^3$  e da un rapporto S/V (superficie esterna dell'involucro edilizio/volume) pari a  $0,37 \text{ m}^{-1}$ , risulta organizzato funzionalmente nel modo seguente:

- \_Il piano interrato è stato suddiviso in aree destinate ad autorimessa, a centrale termica, a deposito e ad archivio.
- \_Il piano terra è composto da un ingresso principale che può essere destinato anche ad area espositiva, una zona destinata ad uffici, un locale open space destinato a laboratori di ricerca, una serie di locali destinati a laboratori prove, una officina, una zona destinata alla costruzione degli impianti, un blocco servizi ed un corpo scala con vano ascensore per accedere al primo piano, in copertura ed al piano interrato.
- \_Il primo piano è destinato ad uffici.

Le strutture orizzontali e verticali del piano interrato sono costituite da massetti, muri e pilastri in calcestruzzo armato. Le strutture portanti verticali ed orizzontali del piano di spiccato del fabbricato sono costituite da pilastri e travi in carpenteria metallica; i solai da lamiera grecate e getto collaborante in calcestruzzo.

Le coperture sono state realizzate con guaine in bitume armato con sottostante strato coibente e barriera al vapore. In copertura è stato collocato un impianto a pannelli solari, e sono stati posizionati i macchinari impiantistici (gruppo frigorifero, ecc.)

La base di partenza per la realizzazione di un edificio ecosostenibile come il Centro ricerche sono le coibentazioni realizzate: in fase di progetto infatti si è avuto un particolare riguardo agli elementi che influenzano più di ogni altro il grado di isolamento dell'edificio, ovvero le pareti esterne e le superfici vetrate.

La parete esterna è costituita da due strati di materiale isolante (fibre minerali feldspatiche e poliuretano), divisi da una camera d'aria e contenuti da lamiera di alluminio per uno spessore totale di 310 mm, con un valore di trasmittanza termica di  $0,169 \text{ W/m}^2\text{K}$ . I serramenti sono di forma quadrata in alluminio anodizzato con vetratura quadrupla di spessore  $6+6 \text{ mm}$  e  $4+4 \text{ mm}$  con un'intercapedine di  $12 \text{ mm}$ , per una trasmittanza totale compresa tra  $1,68$  e  $1,84 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



Particolare del pannello isolante utilizzato nel rivestimento esterno

## / FABBISOGNO ENERGETICO DELL'EDIFICIO \_CONFRONTO FABBISOGNI DI POTENZA TERMICA TOTALI

Viene di seguito riportato un confronto fra i fabbisogni di potenza termica per quanto riguarda l'edificio "di riferimento" (realizzato nel rispetto dei valori di legge) e l'edificio a basso consumo realizzato.

	EDIFICIO DI RIFERIMENTO (W)	EDIFICIO A BASSO CONSUMO (W)	DIFFERENZA (W)
Potenza termica per trasmissione (Pt)	41.123	124.678	16.445
Potenza termica per ventilazione (Pv)	30.243	30.243	0
Potenza termica totale	71.366	54.921	16.445
Potenza termica corretta (+20%)	85.639	65.905	20.030

## \_CALCOLO DEL FABBISOGNO DI ENERGIA UTILE E DI ENERGIA PRIMARIA

L'edificio realizzato risulta avere un fabbisogno specifico annuo di energia termica utile per il riscaldamento pari a  $18,26 \text{ kWh/m}^2$  ed un fabbisogno specifico annuo di energia primaria per il riscaldamento pari a  $15,86 \text{ kWh/m}^2$ . Di seguito vengono riportati i risultati dei calcoli del fabbisogno di energia utile e di energia primaria per il riscaldamento, per quanto riguarda l'edificio "di riferimento" e l'edificio a basso consumo realizzato.

### ENERGIA UTILE

#### Edificio di riferimento

Energia per dispersioni:  $(Q_L - Q_V)$

**326.409 MJ/anno**

Energia per ventilazione:  $(Q_V)$

**15.827 MJ/anno**

Fabbisogno energia utile per il riscaldamento dell'edificio  $(Q_h)$

**240.218 MJ/anno**

## Edificio a basso consumo

Energia per dispersioni: (Ql-Qv)

194.651 MJ/anno

Energia per ventilazione: (Qv)

15.827 MJ/anno

Fabbisogno energia utile per il riscaldamento dell'edificio (Qh)

123.258 MJ/anno

## ENERGIA PRIMARIA

### Edificio di riferimento

Fabbisogno per riscaldamento	Valore annuo
Fabbisogno di energia utile_Qh [GJ/anno]	240,22
Fabbisogno di energia primaria_Qs [kWh/anno]	70.472,22
Fabbisogno di energia primaria_Qs [GJ/anno]	253,70
Fabbisogno annuo gas metano [Nm <sup>3</sup> /anno]	7.465,28

Al fabbisogno termico va sommata anche l'energia primaria dovuta al consumo elettrico per il funzionamento degli ausiliari; il fabbisogno di energia primaria totale annuo risulta quindi pari a 259.400 MJ/anno, corrispondente ad un consumo annuo di gas pari a 7.629 Nm<sup>3</sup>/anno.

Fabbisogno totale di energia primaria Qs:	259.400 MJ/anno	72.056 kWh/anno
Consumo annuo combustibile gassoso (metano)	7.629 Nm <sup>3</sup> /anno	
Tonnellate equivalenti di petrolio	6,293 tep/anno	
Emissioni da combustione gas naturale	18,31 tCO <sub>2</sub> /anno	

### Edificio a basso consumo

Fabbisogno per riscaldamento	Valore annuo
Fabbisogno di energia utile_Qh [GJ/anno]	123,26
Fabbisogno di energia primaria_Qs [kWh/anno]	29.741,67
Fabbisogno di energia primaria_Qs [GJ/anno]	107,07
Fabbisogno annuo gas [Nm <sup>3</sup> /anno]	3.625,00

Considerando un COP della pompa di calore pari a 3,2 si ha un fabbisogno di corrente elettrica annua pari a 10.707 kWh. Considerando di fornire il fabbisogno termico tramite l'utilizzo di gas metano si avrebbe un consumo annuo pari a 3.625 Nm<sup>3</sup>, inferiore alla metà di quello stimato nel caso di riferimento.

Fabbisogno totale di energia primaria Qs:	107.067 MJ/anno	29.741 kWh/anno
Consumo annuo combustibile gassoso (metano)	3.625 Nm <sup>3</sup> /anno	
Tonnellate equivalenti di petrolio	2,91 tep/anno	
Emissioni da combustione gas naturale	8,70 tCO <sub>2</sub> /anno	

## / DATI GENERALI DEGLI IMPIANTI A SERVIZIO DELL'EDIFICIO

### **TIPOLOGIA DI IMPIANTO**

Impianto centralizzato con pompa di calore ad energia geotermica.

### **SISTEMI DI TERMOREGOLAZIONE**

Termoregolazione di ogni ambiente pilotata dalla temperatura rilevata nello stesso

### **SISTEMI DI DISTRIBUZIONE DEL VETTORE TERMICO**

Distribuzione a collettori

### **SISTEMI DI VENTILAZIONE**

Impianto di ventilazione forzata e ricambio d'aria

### **SISTEMI DI PRODUZIONE E DI DISTRIBUZIONE DELL'ACQUA CALDA SANITARIA**

Impianto a pannelli solari con relativi accumuli e integrazione da caldaia a gas metano. Utilizzo principale: alimentazione dello stabilimento adiacente.

### **TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA**

Unità ventilconvettori posti a soffitto e parete, con alimentazione a 4 tubi.

### **\_ IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE A POMPE DI CALORE CON SISTEMI GEOTERMICI A BASSA ENTALPIA**

L'impianto è stato concepito a 4 tubi per fornire delle buone condizioni climatiche anche nelle mezze stagioni.

Inoltre, in diversi ambienti di prova si ha generazione di calore, dovuta ai test effettuati, in quantità tale da richiedere il funzionamento in modalità refrigerazione anche nei mesi invernali.

L'impianto a pompe di calore si divide in due parti:

\_una pompa di calore di potenza pari a 64,5 kW che sfrutta l'acqua prelevata dalla falda e la utilizza per climatizzare l'edificio;

\_due pompe di calore di potenza pari a 8 kW ciascuna, di cui una connessa a sonde geotermiche verticali e una

connessa a sonde geotermiche orizzontali, installate con lo scopo di sviluppare tutta la componentistica ad hoc per questa tipologia di impianto e di poter inoltre verificare con un impianto pilota l'effettivo funzionamento e rendimento dei gruppi pompa di calore dei vari produttori.

Entrambe le pompe hanno inoltre la funzione di sopprimere al fabbisogno termico dell'edificio nei periodi di maggior richiesta.

La pompa di calore ad acqua di falda presenta le seguenti caratteristiche:

Potenza termica: 64,5 kW

Portata di acqua al condensatore: 10,2 m<sup>3</sup>/h

COP : 3,2

La pompa di calore principale preleva calore dalla sorgente fredda costituita da acqua di falda e la cede al pozzo caldo costituito dal circuito di riscaldamento degli ambienti. Nel caso in oggetto, si è realizzato un pozzo di emungimento, con portata indicativa di 3 l/s, e lunghezza pari a 27 m. Inoltre, è stato realizzato un pozzo di lunghezza pari a 18 m per la reimmissione dell'acqua in falda, con tubo di diametro 168 mm.

La perforazione del pozzo è stata effettuata con il sistema a rotopercolazione con circolazione diretta d'acqua e con colonna in avanzamento per sostenere le pareti.

Il diametro di perforazione, pari a 193 mm, ha permesso di posare una colonna produttiva in acciaio del diametro 168 mm.

Il pozzo è strutturato come segue:

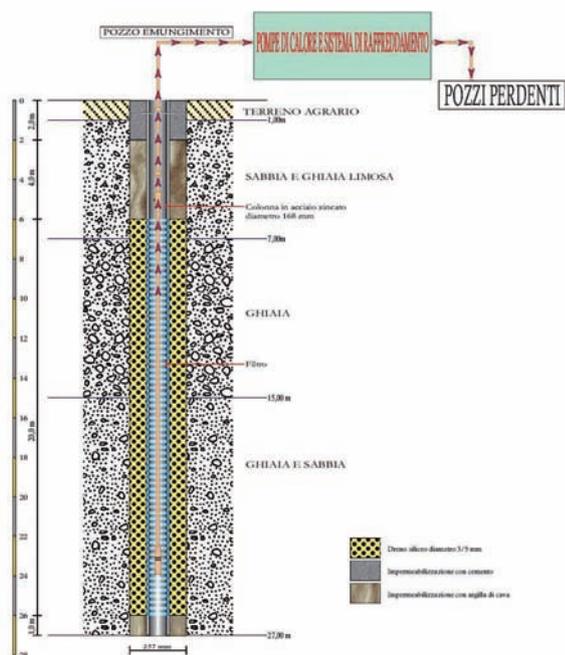
\_0 ÷ 6 m dal piano campagna: tubo cieco

\_6 ÷ 26 m dal piano campagna: tubo finestrato

\_26 ÷ 27 m dal piano campagna: tubo cieco.

Una volta posta in opera la colonna definitiva, l'intercapedine tra perforazione e colonna è stata così riempita:

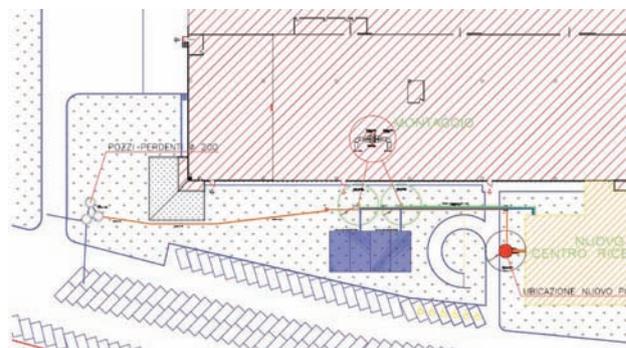
- \_0 ÷ 1 m dal piano campagna: cementazione costituita da calcestruzzo così da impedire la diffusione di eventuali inquinanti accidentalmente riversati in superficie;
- \_1 ÷ 6 m dal piano campagna: impermeabilizzazione con argilla in modo da garantire un ulteriore fattore di protezione della falda;
- \_6 ÷ 26 m dal piano campagna: dreno costituito da ghiaietto siliceo, selezionato in base alla granulometria presente in sito, così da evitare l'innescarsi di moti turbolenti nelle immediate vicinanze del pozzo ed il conseguente trascinarsi di particelle fini che porterebbe ad intasare i filtri e al precoce invecchiamento del pozzo;
- \_26 ÷ 27 m dal piano campagna: impermeabilizzazione con argilla.



A completamento del pozzo è stato realizzato un avampozzo in cemento con tombino di protezione chiuso con lucchetto di sicurezza.

Il pozzo è attrezzato con una pompa sommersa, posizionata intorno a 20-22 m di profondità in grado di fornire una portata massima di 10 l/s.

L'acqua di falda prelevata viene successivamente re-immessa nel sottosuolo tramite 3 pozzi perdenti localizzati circa 100 m a Ovest così che possa disperdersi nel terreno ghiaioso. L'acqua così utilizzata subisce esclusivamente delle variazioni termiche, senza essere mescolata con alcun tipo di sostanza.



Le altre due pompe di calore, di potenza termica 8 kW ciascuna (potenza termica necessaria per una singola unità abitativa di medie dimensioni) e portata d'acqua al condensatore di 1,4 m<sup>3</sup>/h, sono alimentate con i seguenti sistemi:

Pompa di calore N. 1: circuito primario costituito da tre sonde a captazione verticale di profondità pari a 80 m (potenza specifica 45 W/m);

Pompa di calore N. 2: circuito primario costituito da sonde a captazione orizzontale per un'estensione di circa 180 m<sup>2</sup>.

Le due pompe vengono utilizzate in prima battuta per test e dimostrazioni, ma l'energia termica e frigorifera prodotta viene anche utilizzata per integrare la pompa primaria. Le pompe di calore, infatti, sono collegate ad un volano termico da 1000 lt che viene mantenuto in temperatura a prescindere dalla richiesta di fluido dall'impianto e che ha la funzione di minimizzare accensioni e spegnimenti della pompa di calore stessa. In condizioni estive l'accumulo e quindi l'acqua distribuita vengono mantenuti a 8-9°C, livello di temperatura paragonabile a quella di un normale chiller; l'innovazione, come più avanti evidenziato, risulta dal fatto che in condizioni invernali i terminali di scambio termico (ventilconvettori posizionati a soffitto) funzionano con un fluido a "bassa temperatura" (50° circa).

Come già accennato, il sistema geotermico con sonde orizzontali e verticali è progettato come impianto di simulazione con lo scopo primario di sviluppare la componentistica ad hoc per questa tipologia di impianto.



Disposizione sonde orizzontali e verticali rispetto all'edificio Centro Ricerche

Nel dimensionamento dei due sistemi, vista la stratigrafia del terreno nel sito oggetto dell'intervento, si sono utilizzati i seguenti parametri di rendimento del sottosuolo:

Rendimento sottosuolo

SONDE ORIZZONTALI: 40 W/m<sup>2</sup>

SONDE VERTICALI: 45 W/m

Il dimensionamento del sistema ha condotto a realizzare n. 2 geosonde verticali, di cui una di lunghezza pari a 100 m ed una di lunghezza pari a 80 m. Il dimensionamento del sistema ha condotto a realizzare un sistema di captazione orizzontale con le seguenti caratteristiche:



Realizzazione della sonda verticale: fase di inserimento della sonda all'interno del tubo di perforazione

Superficie sonde

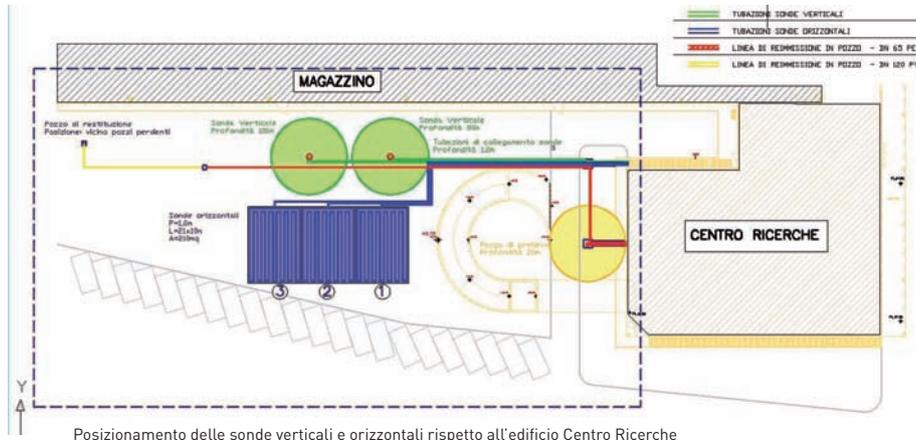
Richiesta: 236 m<sup>2</sup>

Effettiva: 210 m<sup>2</sup>

3 circuiti da 70 m<sup>2</sup>



Scavo e disposizione sonde orizzontali



## / SISTEMA DI GESTIONE INTEGRATA DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI

Il sistema di controllo è composto da un insieme di elementi che permettono di monitorare, gestire e armonizzare il funzionamento dei vari sottosistemi all'interno dell'intero impianto.

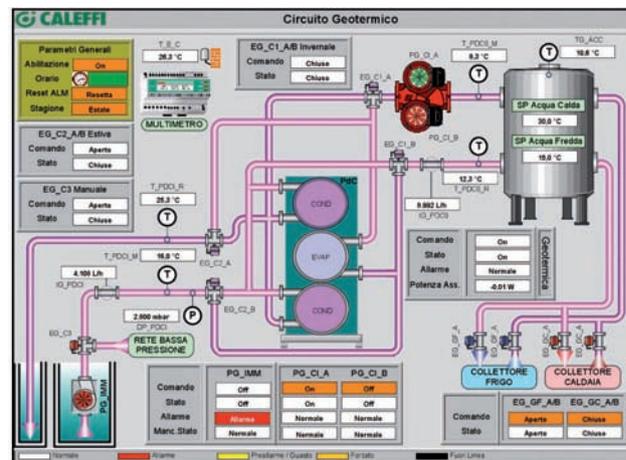
L'analisi delle grandezze monitorate e l'attuazione delle varie operazioni avvengono tramite sensori ed attuatori di varia natura, gestiti localmente o centralmente a seconda delle richieste. Il sistema di controllo è costituito da un'unità centrale che si interfaccia alla rete aziendale, garantendo un accesso selettivo e controllato alle varie pagine di visualizzazione di stato e configurazione.

E' quindi possibile consentire agli addetti di poter modificare i parametri di funzionamento delle porzioni competenti dell'impianto, garantendo nel contempo la possibilità ad altri utenti di effettuare controlli sullo stato di funzionamento di una parte o dell'intero impianto.

L'unità di controllo effettua anche una registrazione dei dati storici in modo da consentire l'analisi statistica dei valori ottenuti. All'unità di controllo centrale vengono connesse diverse unità di gestione locale che permettono di semplificare le operazioni di controllo automatico delle varie parti dell'impianto, garantendo una modularità dello

stesso e migliorandone le prestazioni. Per "prestazioni" dell'impianto di controllo si intendono la velocità e la qualità o correttezza della risposta del sistema ad una variazione delle condizioni di funzionamento.

Il sistema di controllo è dotato di un sistema di gestione e visualizzazione remoto che consente a tutti gli elaboratori collegati alla rete locale di accedere a vari servizi previa autorizzazione con parola chiave. In aggiunta a tale tipo di gestione via PC è prevista la possibilità di accesso alle varie unità di controllo presenti nei quadri locali e in sotto-



Esempio del pannello di interfaccia: circuito geotermico

porzioni dell'impianto tramite pannelli LCD murali. Per la visualizzazione completa dello stato di funzionamento di tutto l'impianto, con l'indicazione dei consumi e delle potenze impiegate, è presente un grande display LCD; questo display, posizionato nello showroom, consente sia agli operatori che ai visitatori di constatare direttamente le potenze prodotte tramite fonti alternative e lo stato dell'impianto. Le interfacce software di visualizzazione e controllo sono realizzate con schemi sinottici con grafica ricercata in modo da rendere elementare, immediata e chiara la comprensione dello stato dei vari elementi dell'impianto. Per permettere la visualizzazione dello stato dell'impianto a tutti i visitatori del Centro Caleffi, all'ingresso del laboratorio sono stati installati due monitor che riportano in tempo reale l'andamento dell'impianto.



Monitor installati all'ingresso del Centro Ricerche che visualizzano lo stato attuale dell'impianto tramite le interfacce del software di visualizzazione e controllo utilizzato

La gestione automatica consente di applicare strategie di ottimizzazione dei consumi, semplificare la gestione dell'impianto da parte degli operatori, migliorare il funzionamento delle singole parti dell'impianto e, contemporaneamente, dell'intero complesso. Inoltre, il sistema di controllo permette di migliorare il benessere fisico legato al microclima presente nei vari locali dell'edificio, potendo garantire sempre le condizioni ottimali.

Un sistema di controllo centralizzato consente di ridurre attivamente gli sprechi adattando il funzionamento dell'impianto alle richieste effettive e contingenti dell'utenza,

evitando di far funzionare parti dell'impianto quando non necessario e coordinando il funzionamento tra i vari sottosistemi. È infatti possibile configurare il funzionamento dei vari attuatori nel modo più consono possibile alle richieste provenienti dalle diverse parti dell'impianto.

I consumi elettrici aggiuntivi del sistema descritto sono complessivamente stimabili dell'ordine di qualche decina di watt, ad esclusione dei PC comunque attivi per le normali attività di laboratorio e l'LCD dimostrativo presente nello showroom. Il sistema di controllo consente anche un considerevole incremento della sicurezza intrinseca dell'impianto, attraverso il monitoraggio di parametri critici (es. pressioni e temperature) o situazioni di pericolo (es. fughe di gas, allagamenti). In caso di pericolo imminente, la gestione degli allarmi avviene in diverse modalità, sia disattivando ove necessario porzioni dell'impianto, sia comunicando repentinamente tramite e-mail o finestre di avviso sui terminali collegati alla rete

## / PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA TRAMITE PANNELLI SOLARI TERMICI

Anche in questo caso l'intervento realizzato si può suddividere in due parti:

- 1 - Installazione di pannelli solari termici collegati a due accumuli da 800 litri, per la produzione di acqua calda sanitaria destinata agli spogliatoi con i relativi servizi e la mensa dello stabilimento attiguo al centro.
- 2 - Installazione di una serie di pannelli solari per lo sviluppo di componentistica per impianti di questo tipo.

L'impianto a pannelli solari termici consta di due serie da 6 pannelli di tipologia piana e sottovuoto collegati a due accumuli da 800 litri.

I fabbisogni dello stabilimento si possono quantificare in: N.12 docce, N.21 lavandini, N.2 lavastoviglie industriali. Nel caso specifico, questo impianto ha permesso di svincolare nei mesi estivi la centrale termica dello stabilimento dalla produzione di acqua calda sanitaria.



Nella figura si possono osservare le due tipologie di pannelli solari installati: in primo piano i pannelli solari piani, sullo sfondo i pannelli solari sottovuoto.

Solitamente, a livello industriale tutta l'acqua sanitaria per applicazioni marginali come le mense o gli spogliatoi viene prodotta dalla fonte di energia termica principale (quale una caldaia di grosse dimensioni), obbligata in tal modo a subire inutili accensioni o spegnimenti che potrebbero comprometterne il corretto funzionamento.

Con l'installazione dell'impianto in oggetto si è potuto aggirare il problema senza ricorrere a combustibili fossili o ad altri sistemi termodinamicamente discutibili, quali ad esempio resistenze elettriche negli accumuli.

Il calore prodotto dai pannelli nel medio periodo risulta sufficiente a far fronte al fabbisogno di termico per la produzione di acqua sanitaria.



Impianto solare: accumulo e tubazioni

Considerando il verificarsi di giornate con apporto solare nullo, si è prevista l'integrazione di energia termica dalla caldaia. I bollitori sono quindi dotati di due scambiatori (serpentino di scambio con i pannelli solari, e serpentino di scambio con la caldaia) aventi le stesse superfici.

### /FABBISOGNO DI ENERGIA UTILE PRIMARIA

Di seguito vengono riportati i prospetti riassuntivi dei calcoli del fabbisogno di energia primaria per l'impianto di riferimento (scambiatore a piastre ed accumulo collegati con la centrale termica dello stabilimento) e per l'impianto solare termico realizzato. In quest'ultimo caso, si ipotizza di dover fornire il 20% dell'energia termica tramite integrazione da caldaia nei periodi di irraggiamento solare insufficiente a causa delle condizioni atmosferiche.

#### Impianto di riferimento

##### Fabbisogno per produzione acqua calda sanitaria

Fabbisogno di energia utile giornaliera _Qg	147694 kcal/giorno
Giorni di funzionamento annui	= 618,24 MJ/giorno
Fabbisogno di energia utile annua _Qa	220 giorni
Fabbisogno di energia primaria annua _Qs (rendimento scambiatore 90%)	136,00 GJ/a
	151,11 GJ/a

Considerando il fabbisogno di cui alla precedente tabella, si ricavano i seguenti valori:

Consumo annuo gas naturale: 4444 Nm<sup>3</sup>/anno

Tonnellate equivalenti petrolio: 3,66 tep/anno

Emissioni da combustione gas naturale: 10,66 tCO<sub>2</sub>/anno

#### Impianto solare termico

##### Fabbisogno per produzione acqua calda sanitaria

Fabbisogno di energia utile giornaliera _Qg	147694 kcal/giorno
Giorni di funzionamento annui	= 618,24 MJ/giorno
Fabbisogno di energia utile annua _Qa	220 giorni
Fabbisogno di energia primaria annua _Qs (copertura del 20% del fabbisogno tramite caldaia)	= 136,00 GJ/a
	= 27,20 GJ/a

Considerando il fabbisogno di cui alla precedente tabella, si ricavano i seguenti valori:

Consumo annuo gas naturale: 800 Nm<sup>3</sup>/anno

Tonnellate equivalenti petrolio: 0,66 tep/anno

Emissioni da combustione gas naturale: 1,92 tCO<sub>2</sub>/anno

## /IMPIANTO FOTOVOLTAICO

In base alle disponibilità di spazio per l'installazione, è stato installato un impianto fotovoltaico in grado di produrre circa 19 kWp. L'impianto, installato sul tetto piano dell'edificio del Centro Ricerche, è destinato alle funzioni di studio e ricerca sull'applicazione fotovoltaica. L'energia prodotta viene prevalentemente utilizzata per autoconsumo dal centro ricerche.

L'impianto fotovoltaico è stato dimensionato per sopperire ai fabbisogni essenziali dell'edificio adibito a Centro Ricerche. E' composto da 84 moduli in silicio policristallino della potenza nominale di 225 Wp. I pannelli sono suddivisi in 4 gruppi e disposti su 4 file parallele collocate sulla copertura. La potenza di picco nominale dell'impianto è di 18,9 kWp. Gli spazi dedicati all'installazione dei moduli fotovoltaici sono stati determinati tenendo conto degli spazi a disposizione e delle zone d'ombra generate da strutture edili ed impiantistiche esistenti. Per la posa dei moduli fotovoltaici si è dovuto provvedere all'installazione di una struttura di supporto.

La struttura ha sia la funzione di sostegno dei moduli sia la funzione di ottenere l'inclinazione ottimale dei moduli. La struttura è composta da cavalletti in acciaio zincato o in acciaio inox e da correnti sui quali sono stati fissati i moduli fotovoltaici tramite appositi accessori anch'essi in acciaio zincato o INOX. I cavalletti della struttura sono stati fissati alle predisposte zavorre (biscotti) appoggiate alla copertura stessa. Per rispettare il DM 19/02/07 ai fini dell'applicazione delle tariffe incentivanti, si è ricercato nella tipologia di installazione il grado di integrazione architettonica parziale. Data l'installazione dei moduli fotovoltaici su tetto piano con balaustra perimetrale, la quota mas-

sima, riferita all'asse mediano della schiera con maggior inclinazione non sporge per più della metà dalla porzione più bassa dell'elemento perimetrale. Sulla base delle misurazioni degli elementi e delle verifiche grafiche l'angolo di inclinazione massimo applicabile alla schiera maggiormente sfavorita non poteva essere superiore a 18°.

Il sito di installazione, gli spazi a disposizione, i basamenti di supporto, gli ombreggiamenti reciproci e l'altezza della balaustra perimetrale hanno limitato il posizionamento dei moduli in orientamento (Azimut) ed inclinazione (Tilt).



Disposizione dei moduli fotovoltaici in copertura; si può notare la suddivisione in gruppi

La conversione dalla corrente continua generata dai pannelli alla corrente alternata da immettere in linea avviene mediante 4 inverter di potenza nominale differente: 3 inverter hanno una potenza nominale di picco di 4,5 kWp, mentre il restante ha una potenza nominale di picco di 5,4 kWp. Gli inverter sono situati in un apposito locale ricavato sulla copertura dell'edificio: all'interno di tale locale sono inseriti i dispositivi di protezione e sezionamento e il sistema che permette di monitorare lo stato di funzionamento dell'impianto.



Inverter e sistema di controllo

## /QUANTIFICAZIONE DEI SOVRACCOSTI RISPETTO ALL'INTERVENTO DI RIFERIMENTO

Si presentano i quadri riassuntivi dei costi di realizzazione dell'intervento dimostrativo realizzato e dell'ipotetico intervento di riferimento.

### Intervento dimostrativo realizzato

Oneri di realizzazione impianto per la climatizzazione dell'edificio tramite pompe di calore alimentate da fonti rinnovabili: 162.596 Euro

Oneri di realizzazione involucro edilizio sistema proposto: 247.110 Euro

Oneri di realizzazione impianto per la produzione di acqua calda sanitaria tramite pannelli solari: 68.441 Euro

Totale: 478.147 Euro

### Intervento di riferimento

Stima oneri di realizzazione impianto per la climatizzazione dell'edificio tramite caldaia a condensazione:

22.289 Euro

Stima oneri di realizzazione involucro edilizio sistema tradizionale: 161.613 Euro

Stima oneri di realizzazione impianto per la produzione di acqua calda sanitaria tramite caldaia a condensazione:

17.245 Euro

Totale: 201.147 Euro

**Sovraccosto sostenuto: 277.000 Euro**

## /QUANTIFICAZIONE DEL RISPARMIO ECONOMICO ANNUO RISPETTO ALL'INTERVENTO DI RIFERIMENTO

In questo paragrafo si effettua una comparazione in termini di costo di esercizio tra l'intervento realizzato e l'intervento di riferimento.

Per effettuare la comparazione si considerano i seguenti parametri:

\_un costo unitario del gas metano pari a 0,35 Euro/Nm<sup>3</sup> (Prezzo medio 2006-2007 dal gestore che fornisce gli stabilimenti Caleffi);

\_un costo unitario dell'energia elettrica pari a 0,13 Euro/kWh (Prezzo medio 2006-2007 dal gestore che fornisce gli stabilimenti Caleffi).

### Sistema a pompa di calore

Il consumo annuo di gas naturale stimato per l'impianto di riferimento (caldaia) è pari a 7.629 Nm<sup>3</sup>/a; ne consegue un costo annuo pari a:

$$C_{\text{caldaia}} = 7.629 \times 0,35 = 2.670 \text{ Euro/anno}$$

Per quanto riguarda invece il consumo annuo di energia elettrica del sistema a pompa di calore installato, questo è pari a 10.707 kWh/anno; ne consegue un costo annuo pari a:

$$C_{\text{pompa di calore}} = 10.707 \times 0,13 = 1.392 \text{ Euro/anno}$$

Si ha così un risparmio su base annua pari a:

$$C_{\text{caldaia}} - C_{\text{pompa di calore}} = 2.670 - 1.392 = 1.278 \text{ Euro/anno}$$

### Sistema solare termico

Il consumo annuo di gas naturale stimato per l'impianto di riferimento (caldaia) è pari a 4.444 Nm<sup>3</sup>/anno; ne consegue un costo annuo pari a:

$$C_{\text{caldaia}} = 4.444 \times 0,35 = 1.555 \text{ Euro/anno}$$

Per quanto riguarda invece il sistema solare termico, considerando un'integrazione (pari al 20% del fabbisogno annuo di energia per acqua calda sanitaria) con caldaia a gas naturale si ha un consumo annuo di combustibile pari a 800 Nm<sup>3</sup>/a; ne consegue un costo annuo pari a:

$$C_{\text{integrazione}} = 800 \times 0,35 = 280 \text{ Euro/anno}$$

Si ha così un risparmio su base annua pari a:

$$C_{\text{caldaia}} - C_{\text{integrazione}} = 1.555 - 280 = 1.275 \text{ Euro/anno}$$

Considerando entrambe le voci, si avrà un risparmio su base annua pari a 2.553 Euro

## /PRESTAZIONE DEGLI IMPIANTI

### \_IMPIANTO SOLARE TERMICO

L'impianto solare termico è utilizzato, come già accennato, sia per la produzione di acqua calda sanitaria sia per effettuare studi e analisi sulle condizioni di funzionamento degli impianti. A partire dal mese di luglio 2008 l'impianto è stato utilizzato in modo continuativo e controllato per la produzione di acqua calda per le docce e la mensa: grazie al sistema di controllo centralizzato e all'utilizzo di alcuni contatori di energia è possibile avere un controllo completo della quantità di energia termica ottenuta per mezzo dei pannelli solari.

Nella tabella seguente sono riportati i valori di energia termica prodotta mensilmente dall'impianto solare termico, con i relativi valori di energia elettrica consumata dalle pompe e il risparmio economico e di metano stimati.

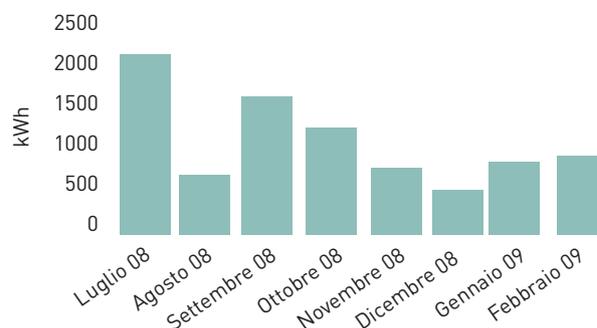
	Impianto Solare Termico			
	kWh termici prodotti	KWh elettrici (pompe)	Risparmio Euro	m <sup>3</sup> metano
Luglio 08	2.020	38,8	272,38	204,23
Agosto 08	524	7,33	71,11	53,03
Settembre 08	1.530	27,4	207,42	155,31
Ottobre 08	1.170	25,4	157,72	118,56
Novembre 08	676	15,0	90,99	68,43
Dicembre 08	424	7,79	57,2	42,85
Gennaio 09	761	13,0	102,95	77,02
Febbraio 09	910	14,6	123,26	92,12

Energia termica prodotta mensilmente dall'impianto solare termico.

Analizzando la tabella è possibile osservare come la produzione di energia termica sia stata massima nel mese di luglio e minima in quello di dicembre: come è naturale aspettarsi, la maggiore insolazione estiva consente di captare una maggiore quantità di energia nel periodo estivo. Bisogna sottolineare che nel mese di agosto lo stabilimento e tutti gli impianti sono stati spenti per tre settimane: per evitare surriscaldamenti i pannelli sono stati coperti e gli impianti sono stati spenti.

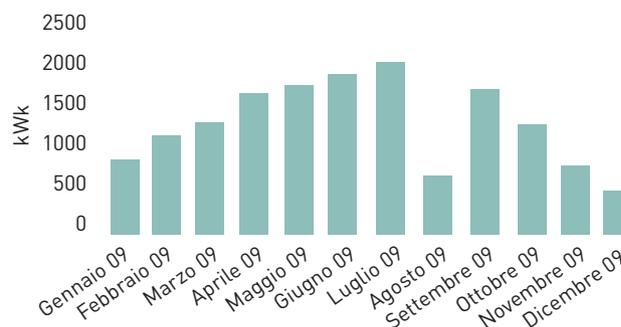
Complessivamente, da luglio 2008 al 23 febbraio 2009 l'impianto solare termico ha prodotto più di 8MWh di energia termica, con un risparmio stimato di 800 m<sup>3</sup> di metano ed un conseguente risparmio economico di circa 1000 Euro.

#### ENERGIA TERMICA PRODOTTA MENSILMENTE



Con i dati ottenuti è possibile effettuare una stima dell'andamento dell'energia termica prodotta mediamente durante l'anno.

#### ENERGIA TERMICA PRODOTTA MENSILMENTE



Stima dell'energia prodotta mensilmente dall'impianto solare termico.

In base a tali stime è possibile indicare una produzione annua di circa 15 MWh di energia, corrispondenti ad un risparmio economico di circa 2000 Euro e di 1500 m<sup>3</sup> di metano.

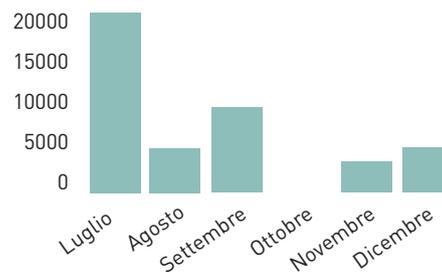
## IMPIANTO GEOTERMICO

L'impianto geotermico è stato utilizzato essenzialmente per la produzione di acqua a bassa temperatura utilizzata nell'impianto di condizionamento. L'impianto geotermico è stato impiegato fino a quando le condizioni ambientali non hanno prodotto un abbassamento dell'EER (Energy efficiency ratio, parametro che indica l'efficienza di una pompa di calore in modalità raffrescamento) al di sotto del valore di EER stimato per il chiller. In base alla documentazione fornita per il chiller risulta infatti un EER quasi costante uguale a 2. Gli andamenti dell'energia frigorifera prodotta dalla pompa di calore nel funzionamento in raffrescamento sono riportati nel grafico e nella tabella sottostanti. Nel mese di agosto 2008 la pompa di calore è stata utilizzata per una sola settimana e l'energia frigorifera prodotta di conseguenza risulta molto bassa.

Verso la fine di settembre 2008 la pompa di calore è stata spenta in quanto l'EER è sceso a valori prossimi di quelli del chiller. Il risparmio economico riportato nella tabella sottostante deriva dall'utilizzo della pompa di calore al posto del chiller. Osservando il risparmio di settembre si nota che risulta praticamente nullo, in quanto l'EER è diventato identico a quello teorico del chiller, stimato pari a 2.

Per alcuni problemi tecnici, nei primi mesi di prova, la pompa di calore ha avuto un flusso d'acqua di falda eccessivamente basso: tale condizione si è tradotta in un EER inferiore al nominale e in un salto termico sul lato del condensatore molto maggiore di quello nominale.

IMPIANTO GEOTERMICO:  
ENERGIA PRODOTTA MENSILMENTE (kWh)



Per la produzione di acqua refrigerata, grazie all'utilizzo della pompa di calore in luogo del chiller, è stato realizzato un risparmio stimato in più di 700 Euro; una volta risolti i problemi tecnici che impediscono lo sfruttamento della pompa di calore anche in riscaldamento sarà possibile analizzare le prestazioni della macchina anche nel funzionamento "invernale".

La ditta fornitrice è esperta nella produzione di macchine per raffrescamento e la pompa di calore utilizzata non ha dispositivi per la modulazione della portata dell'acqua di falda in funzione dei consumi effettivi.

È in fase di allestimento un sistema di controllo in grado di far funzionare la macchina nelle migliori condizioni e con le portate minime.

Considerando di poter utilizzare la macchina nel funzionamento in raffrescamento anche nei mesi di maggio-giugno è possibile stimare un risparmio annuo di circa di 1500 Euro solo per il raffrescamento.

	Impianto Geotermico				
	kWh termici prodotti	KWh elettrici (pompe)	Risparmio Euro	EER	m <sup>3</sup> acqua
Luglio	19.000	5.680	527,95	3,35	1.856
Agosto	2.830	873	74,76	3,25	131
Settembre	6.480	3.230	0,96	2	1.148
Ottobre	0	0	0	0	0
Novembre	2.220	589	71,77	3,77	265
Dicembre	2.440	896	44,54	2,72	408

## /INNOVAZIONE E REPLICABILITÀ

### \_IMPIANTO TERMICO

Il contesto innovativo risulta dal fatto che i terminali di scambio termico sono costituiti da ventilconvettori posizionati in gran parte a soffitto, che funzioneranno con uno un salto termico ridotto, pari a 5° (40°-45°).

L'utilizzo dei ventilconvettori invece di un classico impianto a bassa temperatura a pavimento potrebbe aprire la strada all'utilizzo di sistemi a pompa di calore in tutte quelle palazzine uffici (ma anche residenziali in alcuni casi) in cui sono presenti impianti obsoleti a ventilconvettori.

Queste tipologie di impianti, realizzati prevalentemente a partire dagli anni '70, hanno solitamente le linee di alimentazione e i terminali stessi sovradimensionati, condizione necessaria per il funzionamento a bassa temperatura. Secondo un'analisi dell'ENEA, in Italia, su 26 milioni di edifici esistenti, 18 milioni sono antecedenti al 1973; conteggiando un ventesimo di questi edifici in Piemonte e considerando che il 5% possano essere nelle condizioni sopra indicate, si può dedurre che sul territorio regionale questa tipologia di impianto possa essere applicata a circa 45.000 edifici.

### \_POMPA DI CALORE

La tipologia di impianti a pompa di calore alimentati da sonde geotermiche è una realtà ancora poco diffusa sul territorio regionale. A differenza di paesi come Svizzera, Germania, Francia e Paesi Scandinavi ove è presente e diffuso in tutte le sue varianti, in Italia i sistemi geotermici a bassa entalpia hanno cominciato a diffondersi da pochi anni. La realizzazione di due impianti pilota che rappresentino le due tipologie impiantistiche principali, ossia sonde geotermiche verticali e sistemi orizzontali di captazione ha molteplici finalità:

\_la possibilità di quantificare correttamente la quantità di energia risparmiata tramite l'utilizzo di contabilizzazione termica ed elettrica in modo da evidenziarne gli indubbi vantaggi;

\_la possibilità di testare pompe di calore di vari produttori in modo tale da estrapolare le migliori prestazioni;

\_la possibilità di sviluppare dei componenti per questa tipologia di impianto;

\_la possibilità di sviluppare delle pompe di calore da produrre in loco; infatti, la quasi totalità di produttori di questo tipo di apparecchiature sono ubicati al di fuori dei confini nazionali, mentre per quelli italiani sono ubicati al di fuori del contesto regionale;

L'attività di prova è finalizzata ai termotecnici ed agli installatori, in modo tale da poter dimostrare a livello sperimentale l'efficienza ed il risparmio energetico che questi impianti comportano; in questo modo, si può incrementare la diffusione di impianti geotermici, che attualmente si possono quantificare in poche centinaia sul territorio regionale.

### \_IMPIANTO SOLARE

La replicabilità del sistema solare termico risulta dal fatto che l'acqua sanitaria per applicazioni marginali a livello industriale come le mense o gli spogliatoi può essere prodotta da fonte rinnovabile, svincolando da questa produzione la fonte di energia termica principale (quale una caldaia di grosse dimensioni) che può quindi essere spenta nel periodo estivo, evitando in tal modo inutili accensioni o spegnimenti che potrebbero comprometterne il corretto funzionamento. Infatti le centrali termiche di stabilimento, avendo solitamente una certa anzianità, non hanno la componente di modularità adatta alla produzione di piccole quantità di acqua sanitaria per gli utilizzi citati. Per far fronte alla variabilità della fonte solare si rende opportuna l'installazione di una caldaia di integrazione dedicata di minori dimensioni, funzionante con rendimenti certamente superiori. Anche in questo caso l'attività di prova si rivolge ai termotecnici ed agli installatori, in modo tale da poter dimostrare a livello sperimentale l'efficacia ed il risparmio energetico che questi impianti comportano.

## INVOLUCRO EDILIZIO

L'innovazione consiste nella realizzazione di un edificio di tipologia industriale a basso consumo energetico mediante l'utilizzo di materiali in commercio che permettano di avere dei coefficienti di dispersione termica minori e quindi un conseguente risparmio energetico.

L'involucro ad elevate prestazioni, unitamente all'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia permette all'edificio di avere un fabbisogno energetico molto ridotto e di poter essere quindi preso ad esempio anche per edifici di tipologia industriale, ove l'aspetto del risparmio energetico è probabilmente meno sentito rispetto agli edifici a destinazione residenziale.



Piano primo



Il Centro Ricerche in costruzione: vista Nord-Est



Piano terra

## /CENTRALE TERMICA

In tutto l'impianto e, in modo particolare, all'interno della centrale termica, sono stati inseriti alcuni sensori volti a monitorare la temperatura e la pressione dei fluidi e gestire il funzionamento delle pompe, della caldaia e dei gruppi di pressurizzazione. Nella figura sottostante, riferita al collettore di mandata collegato al separatore idraulico, è possibile notare alcuni di questi sensori montati a valle della pompe di circolazione.



Collettore di mandata e separatore idraulico



Accumulo dell'acqua refrigerata proveniente dal chiller e collettore di mandata all'impianto di raffreddamento



Collegamento tra caldaia e collettore di mandata per mezzo di un separatore collettore; rampa del gas di alimentazione caldaia con organi di controllo.



Collettore di mandata e separatore idraulico



Accumuli dell'acqua ad alta temperatura per gli impianti di prova (accumuli verticali di colore bianco) e accumuli dell'acqua miscelata in ritorno dagli impianti di prova (accumuli orizzontali di colore blu).



Accumulo del circuito geotermico (al centro della foto) e pompa di calore collegata al prelievo di acqua dalla falda (sulla sinistra della figura)

## /SPAZI INTERNI

In conclusione l'edificio può essere considerato indipendente dalle fonti fossili di energia per quanto riguarda i fabbisogni energetici per la climatizzazione invernale ed estiva e per quanto riguarda il fabbisogno elettrico; il risparmio in termini di emissioni evitate e di energia primaria può essere quantificato in:

\_18,35 t/anno di CO<sub>2</sub> non immesse in ambiente e 6,30 tep/anno di energia primaria risparmiata grazie al sistema geotermico e a pannelli solari termici;

\_15,88 t/anno di CO<sub>2</sub> non immesse in ambiente e 5,40 tep/anno di energia primaria risparmiata grazie all'impianto fotovoltaico;

per un totale pari a 34,23 t/anno di CO<sub>2</sub> e di 11,70 tep/anno.



Particolare del pavimento galleggiante



Area open space completata con pavimento galleggiante



Area open space completata con banchi prova e aree lavoro

Proponente | **Cavallero Margherita**  
Progetto | **Essepi Ingegneria s.r.l.**

# RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DI EDIFICIO RURALE ESISTENTE

## / TIPOLOGIA DI EDIFICIO E SUA DESTINAZIONE D'USO

L'intervento consiste nella ristrutturazione di un edificio residenziale rurale esistente, sito in Fossano (Cn).

La riqualificazione energetica eseguita ha portato ad ottenere un fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento di 14 kWh/m<sup>2</sup> anno, contro i precedenti 240 kWh/m<sup>2</sup> anno (stima indicativa sulla base del monitoraggio dei consumi di gasolio degli ultimi anni).

L'energia primaria necessaria non viene fornita da combustibili fossili, ma da un impianto fotovoltaico; l'intervento realizzato prevede quindi emissioni nulle di gas serra e di altri inquinanti atmosferici.



Viste dell'edificio pre intervento



## / INTERVENTI SULL' INVOLUCRO EDILIZIO

Le pareti perimetrali sono state rivestite con un cappotto isolante in fibra di legno vergine dello spessore di 20 cm. Il materiale utilizzato, caratterizzato da una conducibilità termica pari a  $0,038 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ , è composto al 100% di fibre di legno di conifera (scarti di segheria).

Particolare cura è stata dedicata al raccordo del cappotto con il serramento che risulta essere il punto più critico di tutte le costruzioni a basso consumo.

I serramenti installati hanno una trasmittanza  $U_w 0,86 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$  sull'intera superficie, senza utilizzo di materiali sintetici o morbidi come il sughero.



La parte inferiore del cappotto (zoccolatura) è costituita da un polistirene estruso resistente ad eventuali infiltrazioni umide.



Il ponte termico verso le fondazioni viene attenuato con l'utilizzo di foam glas



Prova meccanica su cappotto. Sono stati caricati 120 kg e non si è registrato alcun cedimento meccanico del cappotto.



Raccordo del cappotto con il pacchetto isolante del tetto



Particolare di davanzale di finestra

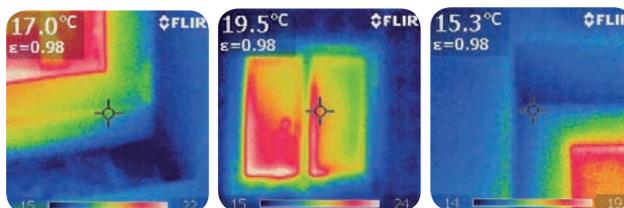


Particolare cura è richiesta per la posa degli angoli del cappotto in fibra di legno



Sezione delle pareti perimetrali in corrispondenza del serramento

Gli esami isotermici, inoltre, escludono qualsiasi formazione di condensa sulla superficie del vetro. Con l'analisi termografica viene evidenziata la corretta posa dei serramenti e il raccordo del falso telaio con il cappotto termico.



## / IMPIANTO TERMICO

I corpi scaldanti sono costituiti da pannelli radianti dimensionati a bassissima temperatura (25°C con salto termico 3°C). La distribuzione del fluido termovettore ai singoli circuiti scaldanti avviene con un sistema modulare.

Le colonne di adduzione del fluido termovettore ai collettori di distribuzione sono costituite da tubi in rame, multistrato o in plastica, isolati mediante guaina con spessore a norma di legge (DPR 412/93), con circolazione forzata.

I pannelli radianti sono realizzati con tubo in multistrato con barriera all'ossigeno.

La temperatura di mandata dell'acqua dei pannelli radianti è termoregolata direttamente nell'accumulo di energia termica ad una temperatura di progetto di 25 °C (con -10°C esterni). La bassa temperatura del fluido termovettore si pone come obiettivo quello di aumentare l'efficienza del sistema di produzione del calore. Con l'analisi termografica è stata verificata la corretta circolazione del fluido termovettore e del differenziale di temperatura tra il collettore di mandata e di ripresa.



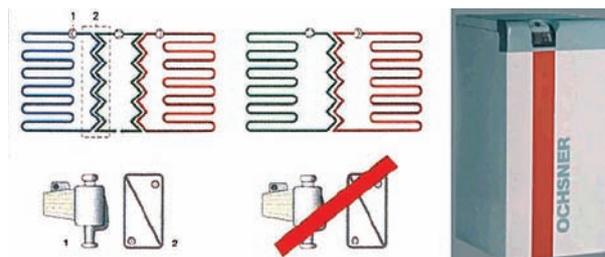
## / CENTRALE TERMICA: POMPA DI CALORE CON GEOTERMIA DIRETTA

La centrale termica è costituita da una pompa di calore con sistema geotermico ad espansione diretta per il riscaldamento, la produzione di acqua calda a uso igienico sanitario e il raffrescamento estivo.

Nell'impianto installato il fluido termovettore (gas) della pompa di calore circola direttamente nelle serpentine dei collettori a posa orizzontale (tubi in rame).

Il fluido assorbe il calore presente nel terreno, evapora e viene ricondotto alla pompa di calore, dove viene compresso e riscaldato per poi cedere calore ai corpi scaldanti (impianto radiante a bassissima temperatura).

Il sistema ad espansione diretta non necessita del circuito ausiliario per la soluzione di acqua glicolata verso le sonde geotermiche, dello scambiatore e dei circolatori.



Questo sistema garantisce una maggiore affidabilità grazie ad un numero minore di componenti e migliori prestazioni. Non ci sono né scambiatori intermedi né spese di energia per l'azionamento della pompa di ricircolo della soluzione. Con questo sistema geotermico è possibile operare con COP > 5.



Disposizione dei collettori orizzontali

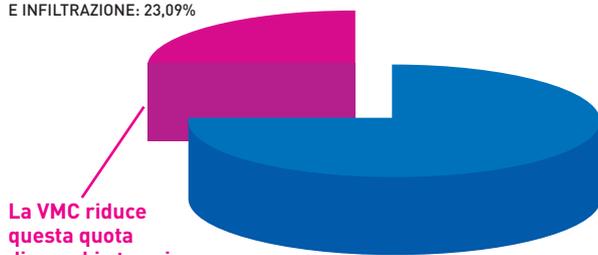


Particolare delle serpentine in rame

## / IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

La ventilazione meccanica controllata garantisce igiene e salubrità dei locali, protezione da sorgenti di rumore esterne e una buona distribuzione dell'aria di rinnovo negli ambienti. Consente inoltre di ridurre al minimo la quota di calore scambiato per ventilazione, mediante l'installazione di un recuperatore statico entalpico ad alta efficienza.

CALORE SCAMBIATO PER VENTILAZIONE  
E INFILTRAZIONE: 23,09%



CALORE SCAMBIATO PER TRASMISSIONE: 76,91%

Il sistema è composto dai seguenti componenti:

- \_ sistema di recupero statico con rendimento termico >90%, portate di aria espulsa e di rinnovo regolabili
- \_ preriscaldamento e preraffrescamento geotermico;
- \_ sistemi di distribuzione d'aria bilanciati e silenziosi (inferiore 35dBA)

### La distribuzione dell'aria

- \_ l'aria preriscaldata dal recuperatore è portata all'interno dei locali;
- \_ l'aria di rinnovo è distribuita nella zona notte.
- \_ l'aria viziata è aspirata nei bagni e nei locali giorno
- \_ la distribuzione è fatta con il sistema di tubazioni corrugato all'esterno e liscio all'interno



Il sistema di preriscaldamento e preraffrescamento geotermico sull'aspirazione dell'aria primaria svolge una duplice funzione: preriscaldare l'aria durante il periodo invernale aumentando l'efficienza sul recuperatore statico e raffreddare l'aria durante il periodo estivo al fine di sfruttare il raffreddamento naturale (free cooling).



## / IMPIANTO A PANNELLI SOLARI TERMICI SOTTOVUOTO

L'impianto di produzione acqua calda sanitaria da fonte rinnovabile realizzato con pannelli solari termici sottovuoto è stato progettato per fornire il 60% del fabbisogno energetico per la produzione di acqua calda sanitaria. Questo tipo di collettori solari garantisce alte rese anche con irraggiamenti minimi e basse temperature. L'impianto realizzato consente di utilizzare la quota parte di calore non utilizzato per la produzione di acqua calda sanitaria per l'integrazione della potenza richiesta per la climatizzazione invernale dei locali serviti dall'impianto termico.



In centrale termica è stato installato un serbatoio inerziale per l'accumulo del calore dotato di:

- \_scambiatore di calore a serpentino per il circuito solare realizzato con pannelli solari termici;
- \_scambiatore di calore a serpentino per la produzione istantanea dell'acqua calda sanitaria;
- \_doppio ingresso per mandata al generatore di calore per consentire il funzionamento a temperature differenti, ottimizzando la prestazione della pompa di calore;



## / FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA

Il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale è di 13,98 kWh/m<sup>2</sup> anno.

Fabbisogno di energia primaria	13,98 kWh/(m <sup>2</sup> *anno)
Superficie riscaldata	260 m <sup>2</sup>
Energia primaria per riscaldamento ambienti	3.634,8 kWh
Fabbisogno di acqua calda sanitaria	8.372 kWh
Energia prodotta dai collettori solari	5.500 kWh
COP medio della pompa di calore	5
Energia elettrica pompa di calore	1.301 kWh
Energia elettrica circolatori	25,2 kWh
Energia elettrica per illuminazione e utenze	5.700 kWh
Fabbisogno energetico climatizzazione ventilazione meccanica	2.190 kWh
Fabbisogno elettrico complessivo della struttura	9.217 kWh
Potenza di picco impianto fotovoltaico	10,2 kW
Energia elettrica prodotta su base annua	9.380 kWh

Ripartizione per usi del fabbisogno elettrico dell'abitazione



- ENERGIA ELETTRICA PDC
- ENERGIA ELETTRICA CIRCOLATORI
- ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONI E UTENZE
- FABBISOGNO ENERGETICO CLIMATIZZAZIONE E VMC

L'impianto fotovoltaico è in grado di coprire tutto il fabbisogno energetico della struttura: climatizzazione invernale ed estiva dei locali, produzione di acqua calda per uso igienico sanitario e utenze elettriche della struttura.

### / IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Il generatore fotovoltaico, parzialmente integrato nella copertura dell'edificio, è composto da 60 moduli monocristallini ciascuno di potenza di picco pari a 170 Wp, per una potenza complessiva nominale pari a 10,2 kWp.

L'energia elettrica annuale media producibile dal generatore fotovoltaico è stata ottenuta dal prodotto dell'irradiazione media annuale per la potenza nominale del campo fotovoltaico e per il rendimento stimato:

Produzione sul piano orizzontale:  $1.210 \text{ (kWh/m}^2 \text{ anno)} \times 10,2 \text{ (kWp)} \times 0,76 = 9.380 \text{ kWh/anno}$

### / STIMA SOVRACCOSTI

Nella tabella che segue viene fatto un confronto tra i costi della struttura realizzata e quelli di un'ipotetica opera uguale realizzata nel rispetto dei requisiti minimi di legge.

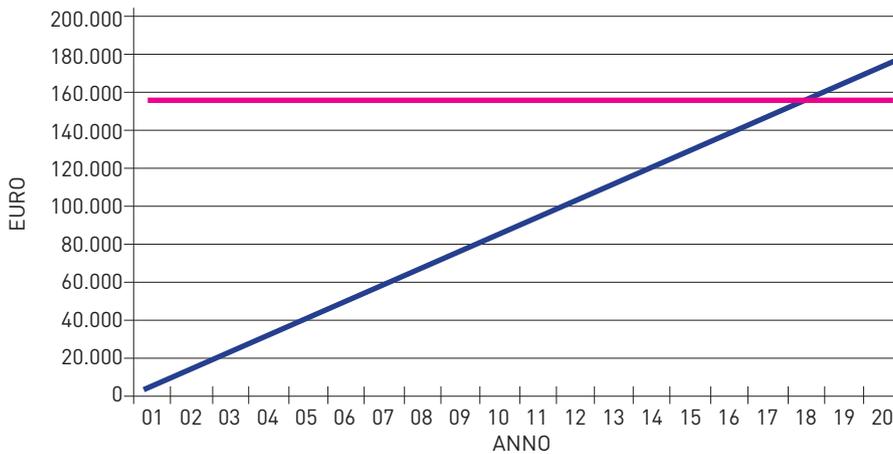


Impianto fotovoltaico

DESCRIZIONE	EDIFICIO DIMOSTRATIVO €	EDIFICIO REALIZZATO NEL RISPETTO DEI LIMITI DI LEGGE €
Centrale termica	20.700	10.000
Ventilazione meccanica controllata	19.800	0
Corpi scaldanti	16.800	9.500
Impianto solare per produzione acqua calda	8.750	5.500
Isolamento termico	78.800	13.000
Serramenti in legno	46.900	33.000
Impianto fotovoltaico	30.250	0
Oneri di progettazione	9.000	5.000
<b>TOTALE</b>	<b>231.000</b>	<b>76.000</b>
<b>SOVRACCOSTI</b>		<b>155.000</b>

## / RISPARMIO ECONOMICO

In questo paragrafo viene quantificato in termini economici il risparmio di gestione tra questa struttura ed una costruzione al limite del rispetto delle norme vigenti. Per quanto riguarda l'ipotetica struttura costruita nel rispetto dei limiti minimi della normativa si considera una spesa annua di GPL di 3600 Euro. Per la struttura realizzata si considera il contributo per il conto energia e il beneficio dello scambio sul posto per un totale di oltre 5600 Euro.



Beneficio complessivo  
Sovraccosti

I sovraccosti sostenuti per la realizzazione della casa a zero emissioni hanno un pareggio tra i 17 e 18 anni.



Alcune fasi della ristrutturazione dell'edificio

Proponente | Arch. Gianpiero Cavallo

Progetto | Arch. Gianpiero Cavallo

# NUOVO EDIFICIO UNIFAMILIARE AD ALTA EFFICIENZA ENERGETICA

## / TIPOLOGIA DI EDIFICIO E SUA DESTINAZIONE D'USO

Nuovo edificio di civile abitazione, realizzato nelle immediate vicinanze dell'abitato di Busca (Cuneo).

L'edificio, a destinazione unifamiliare, si sviluppa su due piani fuori terra.

La volumetria lorda della parte riscaldata dell'edificio è pari a 570 m<sup>3</sup>. La superficie utile è pari a 135 m<sup>2</sup>.

Il fabbricato, anche se nuovo, vuole reinterpretare in chiave moderna le vecchie cascine di un tempo. Per quanto concerne l'aspetto estetico e la tipologia si sono riproposti alcuni degli elementi caratteristici della zona: un grande porticato sul fronte principale, le testate asimmetriche, il muro tagliafuoco posto a delimitazione del volume non residenziale, i tetti a capanna.

Lo spirito che ha animato tutto l'intervento è stato quello di coniugare la tradizione con l'innovazione ottenendo, a lavori ultimati, un edificio con un fabbisogno energetico annuo per il riscaldamento pari a soli 13 kWh/m<sup>2</sup>.

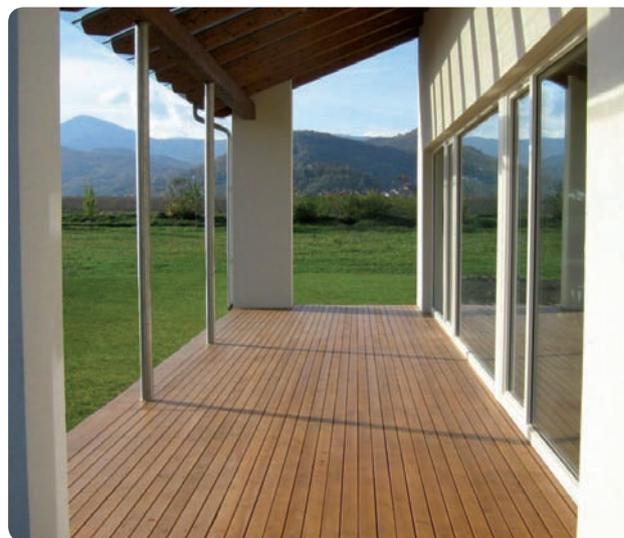


### **/ CARATTERISTICHE DEGLI ELEMENTI OPACHI E TRASPARENTI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO**

Il fabbricato è stato progettato seguendo le linee guida sia dell'edilizia ad alta efficienza, sia dell'architettura bioclimatica, aventi come punto di riferimento la relazione tra esigenze di comfort e caratteristiche dello spazio interno, nonché tra edificio e ambiente esterno. con un fabbisogno energetico annuo per il riscaldamento pari a soli 13 kWh/m<sup>2</sup>.

In particolare si è tenuto conto dei seguenti parametri:

- \_orientamento e posizione dell'edificio;
- \_forma e configurazione geometrica dell'edificio;
- \_caratteristiche dell'involucro;
- \_sistemi solari passivi per il guadagno termico;
- \_materiali e tecnologie;





### / ORIENTAMENTO DELL'EDIFICIO

L'edificio è stato orientato in modo da ottimizzare lo sfruttamento della radiazione solare nel periodo invernale e garantire condizioni di comfort adeguate all'interno degli ambienti, minimizzando il ricorso agli impianti, con conseguente riduzione di emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera.

L'asse principale della parte abitata è orientato secondo la direttrice Est-Ovest in modo da massimizzare la superficie dell'involucro esposta a Sud.

Su questa parete trova spazio una grande vetrata sufficientemente schermata nel periodo estivo dal portico e completamente esposta alla radiazione solare durante il periodo invernale.

Il manufatto si trova inoltre sufficientemente lontano da qualsiasi tipo di ostacolo costruttivo o naturale fonte di ombreggiamento. Anche il problema dei venti dominanti è stato affrontato disponendo, a riparo della zona abitata, il volume delle autorimesse e un muro tagliafuoco.

E' stata prevista, inoltre, sul fronte nord dell'appezzamento, una barriera verde frangivento, con vegetazione autoctona.

### / FORMA E CONFIGURAZIONE GEOMETRICA DELL'EDIFICIO

Al fine di limitare il più possibile le dispersioni termiche, l'edificio presenta una forma molto compatta, tale da ottimizzare il rapporto tra superficie disperdente e volume riscaldato.

Le aperture maggiori sono concentrate sul fronte sud e completamente assenti sul fronte nord.

Gli spazi interni sono stati concepiti in modo da localizzare sul fronte soleggiato i vani maggiormente utilizzati durante il periodo diurno, mentre i servizi e il corpo scala sono stati disposti lungo il lato freddo della costruzione in modo da fungere da spazio cuscinetto.



## / PARETI PERIMETRALI

Le pareti perimetrali sono realizzate in muratura portante in mattoni porizzati (30 cm) con cappotto esterno di spessore 15 cm in EPS (polistirene espanso sinterizzato).

Si è optato per la muratura portante al fine di sfruttare sia le caratteristiche statiche sia di accumulo termico.

La possibilità dell'accumulo termico si traduce in: una riduzione delle oscillazioni termiche degli ambienti interni, con conseguente migliore rendimento dell'impianto di riscaldamento; nel restituire l'energia termica nell'ambiente in assenza di radiazioni; in una minore possibilità di surriscaldamento nel periodo estivo.

A questo tipo di stratigrafia corrisponde una trasmittanza di  $0.173 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$



Posa del cappotto coibente



Particolare del primo corso realizzato in vetro cellulare



### STRATIGRAFIA MURO ESTERNO

**TIPO DI STRUTTURA:**

**PARETE ESTERNA CON CAPPOTTO**

**CODICE STRUTTURA:**

**M1**

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [mm]	$\lambda$ [W/mK]	C [W/m²K]	$\rho$ [Kg/m³]	$\delta a$ [10 <sup>-12</sup> kg/msPa]	$\delta u$ [10 <sup>-12</sup> kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Intonaco di cemento e sabbia	15	1,000	66,667	1800	20,000	33,333	0,015
2	BIOTERM Fornace PILONE (Cavallo)	300	0,360	1,200	900	20,000	20,000	0,833
3	Polistirene espanso *GREYPOR G* GK800 Goffrate	150	0,032	0,213	20	4,000	4,000	4,687
4	Intonaco plastico per cappotto	10	0,300	30,000	1300	6,667	6,667	0,033

Spessore totale (mm): 475

Conduttanza unitaria  
superficiale interna: 7,692

Resistenza unitaria  
superficiale interna: 0,130

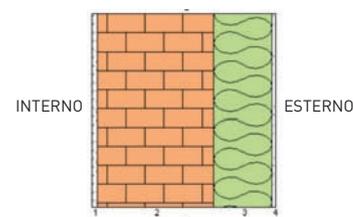
Massa superficiale (kg/m²): 313

Conduttanza unitaria  
superficiale esterna: 12,047

Resistenza unitaria  
superficiale esterna: 0,083

**TRASMITTANZA  
TOTALE (W/m²K): 0,173**

**RESISTENZA TERMICA  
TOTALE (M²K/W): 5,782**





Cappotto coibente in opera

Al fine di evitare il ponte termico con la fondazione, tutta la muratura perimetrale ed interna poggia su uno zoccolo in vetro cellulare, materiale isolante innovativo, che presenta un basso valore di conducibilità termica (0,048 W/m<sup>2</sup>K.) ed una buona resistenza meccanica. Questo accorgimento permette di creare una linea continua dell'isolamento tutto attorno all'involucro.

## / IL TETTO

Il tetto ha struttura in legno con un sovrastante pacchetto coibente dello spessore complessivo di 20 cm, costituito da tre strati di pannelli in fibra di legno da 6 cm. posati in modo sfalsato e da uno strato di chiusura dello spessore di 2 cm. La stratigrafia, partendo dall'interno, è composta da un tavolato di perline in legno di abete (2,5 cm), da una guaina freno vapore, dal pacchetto coibente (20 cm) e da una guaina impermeabile di tenuta al vento.

A questo tipo di stratigrafia corrisponde una trasmittanza di 0.184 W/(m<sup>2</sup> K).



La coibentazione del tetto durante la posa

## STRATIGRAFIA DEL TETTO

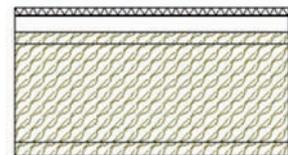
**TIPO DI STRUTTURA:**

**TETTO IN LEGNO**

**CODICE STRUTTURA:**

**S1**

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'alto verso il basso)	s [mm]	λ [W/mK]	C [W/m <sup>2</sup> K]	ρ [Kg/m <sup>3</sup> ]	10 <sup>12</sup> δa kg/msPa]	10 <sup>12</sup> δu kg/msPa]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1	Tegole in terracotta	15	1,000	66,667	2000	-	-	0,015
2	Aria debolmente ventilata (fl. ascend.)	30	0,375	12,500	0	-	-	0,080
3	Freno vapore ECOVAP 0,3mm (poliolefine)	0,3	0,350	1167	300	0,003	0,003	0,001
4	3them ISOLANT (pannello calpestabile)	20	0,050	2,500	260	40,000	40,000	0,400
5	3them NATUREL (pannello leggero)	180	0,040	0,222	170	40,000	40,000	4,500
6	Freno vapore ECOVAP 0,3mm (poliolefine)	0,3	0,350	1167	300	0,003	0,003	0,001
7	Legno di abete flusso perpend. alle fibre	25	0,120	4,800	450	0,311	0,935	0,208



Spessore totale (mm): 270,6

Conduttanza unitaria  
superficiale interna: 10,000

Resistenza unitaria  
superficiale interna: 0,100

Massa superficiale (kg/m<sup>2</sup>): 77

Conduttanza unitaria  
superficiale esterna: 7,871

Resistenza unitaria  
superficiale esterna: 0,127

**TRASMITTANZA  
TOTALE (W/m<sup>2</sup>K): 0,184**

**RESISTENZA TERMICA  
TOTALE (m<sup>2</sup>K/W): 5,432**

## / SOLETTA PIANO TERRA SUI LOCALI INTERRATI

La soletta del piano terra è stata realizzata in maniera da ridurre al minimo le dispersioni verso il basso.

La stratigrafia, partendo dall'alto, è costituita da un pavimento in ceramica (1,5 cm), un massetto in sabbia-cemento (7 cm), l'isolante dell'impianto a pavimento (3 cm), materiale termoisolante innovativo da livellamento, costituito da polistirolo secco e vergine, da posarsi a copertura dell'impiantistica. La granulometria di quest'ultimo materiale, caratterizzato da un basso valore di conducibilità termica (0,048 W/m<sup>2</sup>K), varia da 2 a 8 mm.

A questo tipo di stratigrafia corrisponde una trasmittanza di 0.260W/(m<sup>2</sup> K)



Particolare della posa del materiale coibente di livellamento ("Softground")

### STRATIGRAFIA SOLETTA SU PIANO INTERRATO

**TIPO DI STRUTTURA:**

**PAVIMENTO VERSO INTERRATO**

**CODICE STRUTTURA:**

**P1**

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [mm]	λ [W/mK]	C [W/m <sup>2</sup> K]	ρ [Kg/m <sup>3</sup> ]	δa [10 <sup>-12</sup> kg/mPa]	δu [10 <sup>-12</sup> kg/mPa]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1	Piastrelle in ceramica	15	1,000	66,667	2300	1,000	1,000	0,015
2	Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	70	1,490	21,286	2200	2,857	2,857	0,047
3	Riempimento alleggerito a secco (Cavallo)	130	0,050	0,385	400	28,571	50,000	2,600
4	C.I.s. di sabbia e ghiaia pareti interne (um. 2-5%)	50	1,910	38,200	2400	2,000	3,333	0,026
5	Blocco da solaio	180	0,600	3,333	950	22,222	22,222	0,300
6	Intonaco di cemento e sabbia	15	1,000	66,667	1800	20,000	33,333	0,015

Spessore totale (mm): 460

Massa superficiale (kg/m<sup>2</sup>): 559

Conduttanza unitaria  
superficiale interna: 5,882

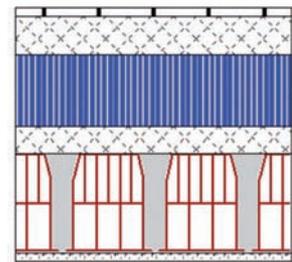
Conduttanza unitaria  
superficiale esterna: 5,882

Resistenza unitaria  
superficiale interna: 0,170

Resistenza unitaria  
superficiale esterna: 0,170

**TRASMITTANZA  
TOTALE (W/m<sup>2</sup>K): 0,299**

**RESISTENZA TERMICA  
TOTALE (m<sup>2</sup>K/W): 3,343**



Il materiale è caratterizzato da una facilissima lavorabilità ed il suo utilizzo permette anche una riduzione dei costi, in quanto con un'unica lavorazione si riescono a coprire le tubazioni degli impianti (nelle foto un particolare delle canalizzazioni dell'aerazione meccanica controllata), a livellare il sottofondo per la successiva posa degli elementi del riscaldamento a pavimento e nel contempo a garantire l'isolamento.

### / SERRAMENTI

Il telaio dei serramenti, realizzati appositamente da una ditta artigiana del luogo, è costituito da tre strati: una struttura in legno dalla parte interna, uno strato coibente in polistirene estruso ed un guscio esterno in alluminio, posto a protezione del pacchetto coibente.

I serramenti sono caratterizzati da valori di trasmittanza termica molto bassi, variabili da 0,70 a 0,80 W/m<sup>2</sup>K (valore medio vetro/telaio), nonché da una permeabilità all'aria praticamente nulla.

Nello specifico:

- \_materiale costruttivo: legno/polistirene/alluminio;
- \_trasmittanza termica del telaio : 0,66 W/m<sup>2</sup>K;
- \_vetro: triplo basso emissivo con gas Argon;
- \_fattore di trasmissione luminosa: 69%;
- \_fattore di trasmissione energetica: 37% (per bloccare il caldo estivo e nel contempo sfruttare gli apporti solari);
- \_fattore Solare ( $g_{EN410}$ ): 49 %, per un buon sfruttamento degli apporti solari



### / DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI A SERVIZIO DELL'EDIFICIO

L'edificio è dotato dei seguenti impianti:

- \_impianto solare termico: area captante di 10 m<sup>2</sup>. e producibilità annua di 6.829 kWh;
- \_impianto di ventilazione meccanica con recuperatore di calore ad alta efficienza (95%);
- \_pompa di calore con unità esterna ad espansione diretta e modulo idronico interno (COP medio stagionale pari a 4,7);
- \_impianto a pavimento a bassissima temperatura alimentato con acqua a 30°C ;
- \_accumulo termico realizzato con materiale a cambiamento di fase (PCM)

### / GENERAZIONE DEL CALORE: ENERGIA RINNOVABILE E POMPA DI CALORE

I sistemi di generazione del calore a servizio del fabbricato sono:

- \_impianto solare termico, accuratamente dimensionato per ottimizzare le rese e l'efficienza, in grado di coprire il 70%-80% del fabbisogno annuo di energia per la produzione di acqua calda sanitaria e per il riscaldamento degli ambienti;
- \_pompa di calore aria/acqua con efficienza (COP) media stagionale pari a 4,2-4,7, grazie all'utilizzo diurno abbinato ad un accumulo termico ad altissima efficienza.

## / ACCUMULO PCM, UNA BATTERIA TERMICA

Il "cuore" altamente innovativo dell'impianto termico a servizio del fabbricato è sicuramente costituito dall'accumulo termico. L'importanza di accumulare una grande quantità di calore prodotta a basso costo quando le condizioni ambientali lo permettono (sole e giornate più miti), è la chiave per aumentare l'efficienza delle fonti di calore (solare termico e pompa di calore).

Il mezzo di accumulo utilizzato è un materiale denominato PCM (Phase Change Material).



La centrale termica: in primo piano l'accumulo con PCM

Tale materiale ha la proprietà di accumulare da 10 a 50 volte il calore rispetto ad un sistema ad acqua di pari volume. A titolo di esempio si pensi che in impianti analoghi è stato utilizzato un accumulo di circa 500 litri di PCM, al posto di cisterne d'acqua della capacità indicativa di 5.000 – 6.000 litri, il cui alloggiamento è normalmente difficile e costoso nei volumi edilizi a disposizione.

## / SISTEMA DI CONTROLLO DELLA TEMPERATURA DELL'AMBIENTE

Una casa "passiva" disperde pochissimo calore.

Se l'irraggiamento solare o le fonti interne di calore sono sovrabbondanti, in molte situazioni si rischia un brusco innalzamento della temperatura dei locali.

Ogni zona è stata quindi equipaggiata con un sistema che rileva non solo la temperatura dell'aria, ma anche quella di tutte le superfici e degli oggetti (persone incluse).

In questo modo si mantiene sempre una situazione di comfort eccellente, grazie alla rapidissima azione del sistema di regolazione che provvede a smorzare l'apporto di calore agli ambienti, in caso di repentine variazioni di condizioni climatiche ed endogene.

## / VENTILAZIONE CONTROLLATA: RICAMBIO DELL'ARIA COSTANTE MA SENZA SPRECHI DI CALORE

Un sistema centralizzato provvede ad estrarre l'aria viziata dalla cucina e dai bagni, ma il calore in essa contenuto non viene disperso: prima di essere espulsa all'esterno, l'aria calda e viziata, mediante un recuperatore di calore, riscalda l'aria che sta per essere immessa negli ambienti.

Così facendo, l'aria esausta cede il 95% del suo calore a quella in ingresso, senza mai entrare in contatto diretto con quest'ultima. Il risultato è il notevole risparmio energetico combinato ad un eccellente confort interno: gli utenti possono permettersi di non aprire mai le finestre, respirando aria pura come se fossero sempre aperte.



Il torrino di presa dell'aria esterna



Il recuperatore di calore in controcorrente (rendimento del 95%)



La posa dei tubi interrati di adduzione dell'aria

## / INDICAZIONE DEL FABBISOGNO SPECIFICO ANNUO DI ENERGIA

Il fabbisogno energetico annuo per il riscaldamento è pari a 13 kWh/m<sup>2</sup> (certificato dall'Agenzia CasaClima di Bolzano). Il fabbisogno di energia primaria del fabbricato costruito è pari a 2.290 kWh per il riscaldamento degli ambienti e 2.666 kWh per la produzione di acqua calda sanitaria, con un fabbisogno complessivo di 4.957 kWh totali. La fonte di calore è in questo caso quella solare, che copre circa l'80% del fabbisogno, pari a 4.114 kWh.

L'integrazione è affidata alla pompa di calore che su base annua fornisce circa 842 kWh di energia termica e che, considerando un rendimento di produzione della pompa di calore (COP) pari a 3,15, determina il seguente fabbisogno annuo di energia elettrica:

FABBISOGNO ENERGIA ELETTRICA	263	kWh
tep spesi HE	0,06	tep
CO <sub>2</sub> emessa	0,15	t

Considerando l'aspetto innovativo e per alcuni aspetti sperimentale del progetto, è stata prevista una contabilizzazione di base che consente di monitorare il flusso energetico proveniente dall'impianto solare e quello proveniente dalla pompa di calore.

Inoltre tutti gli impianti (riscaldamento, produzione acqua calda, ventilazione meccanica, pompe dell'impianto a pavimento) sono collegati ad un unico contakilowatt posto nella centrale termica, per una verifica puntuale dei consumi effettivi di energia (in questo caso elettrica). Nonostante un inverno particolarmente rigido e soprattutto povero di sole, fonte principale di alimentazione energetica del fabbricato, nel periodo 1 settembre 2008-28 febbraio 2009 il consumo di energia elettrica è stato pari a soli 800 kWh, per una spesa complessiva di circa 160 euro.

## / QUANTIFICAZIONE DELL'ORDINE DI GRANDEZZA DEI SOVRACCOSTI

Stabilire con precisione i sovraccosti necessari per trasformare un'edificio "normale" in un edificio ad alta efficienza risulta sempre un'operazione alquanto complicata in quanto ogni fabbricato, a parità di prestazioni, presenta a volte caratteristiche molto diverse.

Nel caso specifico una stima indicativa porta a quantificare un sovraccosto pari a circa il 9%.

## / QUANTIFICAZIONE DELL'ORDINE DI GRANDEZZA DEL RISPARMIO ECONOMICO

L'ordine di grandezza del risparmio economico annuo, conseguito rispetto ad un edificio di consolidata pratica costruttiva, realizzato nel rispetto della normativa vigente, supera il 90%.

Conseguentemente il tempo di ritorno economico dell'investimento si aggira sui 6-7 anni.

## / EVIDENZIAMENTO DEI BENEFICI AMBIENTALI ED ECONOMICI CONNESSI ALLA REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

Al fine di quantificare i benefici ambientali ed economici dell'intervento, si sono confrontati i consumi energetici dell'edificio realizzato con quelli calcolati per un edificio analogo, costruito in modo "tradizionale", nel rispetto dei fabbisogni energetici imposti dalla normativa vigente.

Il bilancio energetico è stato realizzato attraverso un software per l'analisi energetica dei fabbricati (Edilclima Edificio Invernale), il quale svolge il bilancio energetico del fabbricato secondo la normativa UNI-EN 832 ("Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento").

### Fabbisogno energia primaria fabbricato costruito

FABBISOGNO ENERGIA ELETTRICA	263	kWh
tep spesi HE	0,06	tep
CO <sub>2</sub> emessa	0,15	t

### Fabbisogno energia primaria fabbricato "tradizionale"

FABBISOGNO ENERGIA PRIMARIA	54807	MJ
tep spesi DLgs 192	1,3	tep
CO <sub>2</sub> emessa	3,8	t

Dal confronto tra il fabbisogno di energia primaria richiesta dallo stesso edificio realizzato in chiave "tradizionale" e in chiave "passiva", emerge un risparmio di 1,24 tep/anno e 3,65 t/anno di CO<sub>2</sub> come evidenziato nella tabella seguente.

RISPARMIO tep	1,24	tep
RISPARMIO CO <sub>2</sub>	3,65	t

Per quanto concerne gli eventuali effetti positivi su altre politiche regionali, interventi come quello in oggetto possono rappresentare un sicuro sbocco per imprese artigiane e per lo sviluppo di nuove professionalità.

Ad esempio l'azienda artigiana che ha realizzato i serramenti anche grazie a questo cantiere, ha diversificato la produzione tradizionale, inserendosi con successo in un mercato che al momento è appannaggio di produttori extra-regionali e stranieri (Alto Adige, Austria, Germania).

Anche alcuni magazzini edili si stanno adeguando alle nuove richieste di materiali innovativi, come ad esempio il vetro cellulare o il softground utilizzati in questo edificio, arricchendo e diversificando le proprie offerte.

Per contro, purtroppo, si riscontrano difficoltà nel reperire personale specializzato in determinati "nuovi lavori", quali per esempio la posa del cappotto.



Proponente | **Collegio Universitario "R. Einaudi"**  
Progetto | **Arch. Luca Moretto - Ing. Luca Degiorgis**

# IMPIANTO SOLARE TERMICO DI GRANDE TAGLIA

## **/ SITO DELL'INTERVENTO**

Sezione SAN PAOLO del Collegio Einaudi, in Torino, via Bobbio 3. La sezione ospita, in camere singole con servizi privati, circa 180 studenti fuori sede iscritti ai vari corsi delle facoltà di Ingegneria del Politecnico.

## **/ TIPOLOGIA DI EDIFICIO E SUA DESTINAZIONE D'USO**

L'intervento trae spunto dai risultati di una tesi di laurea discussa nel 2005 da uno studente di Ingegneria Edile, residente nel Collegio, ove veniva fatta una valutazione, in via generale, dei benefici, in termini di costi e risparmi, degli interventi di riqualificazione energetica degli edifici, applicando quindi le metodologie teorizzate al caso reale dell'edificio della sezione San Paolo del Collegio Einaudi. Partendo dallo stato di fatto dell'edificio e prendendo in esame le diverse tipologie di interventi che si possono realizzare per minimizzarne il fabbisogno di energia, si è dimostrato come la realizzazione di un impianto solare termico per l'integrazione della produzione di acqua calda



sanitaria centralizzata comportasse l'investimento con il minor tempo di rientro. Un successivo specifico progetto di fattibilità tecnico-economica ha concluso che l'investimento totale richiesto si sarebbe completamente ripagato in un periodo di 17 anni; una tale durata, ancorché inferiore alla durata di vita presunta dell'impianto, ipotizzata in 20 anni, non appariva particolarmente incentivante sì da deciderne la realizzazione.

D'altro canto si dimostrava che in presenza dell'incentivo regionale il tempo di rientro dell'investimento si riduceva a circa 12 anni, periodo ritenuto abbastanza interessante. Le motivazioni che hanno spinto a decidere di realizzare l'impianto non sono comunque state meramente economiche, bensì hanno tenuto conto del potenziale sociale,

educativo e didattico dell'iniziativa, tutti elementi che il Collegio cerca di privilegiare nei criteri di scelta delle proprie attività, ritenendo tali aspetti parte imprescindibile della propria missione.

L'impianto realizzato è funzionalmente costituito da un campo di pannelli solari collocati sul tetto (7° piano fuori terra), da un circuito solare a circolazione forzata tra i pannelli e gli scambiatori primari all'interno dei serbatoi inerziali (al piano interrato), e da un circuito utilizzatore tra gli scambiatori secondari all'interno dei serbatoi inerziali e il recipiente di accumulo dell'acqua calda sanitaria da inviare alle utenze.

Non c'è quindi alcun interscambio tra il fluido del circuito solare (acqua glicolata), la massa liquida con funzione di

accumulatore termico (acqua di processo) e l'acqua inviata al circuito sanitario (acqua potabile decalcificata). Completa l'impianto il sistema di controllo e monitoraggio. Il campo solare, i cui lavori di realizzazione hanno avuto durata pari a 6 mesi, è completamente integrato nella copertura dell'edificio, esposto a 34° Sud/Sud-Ovest ed inclinato di 27° sul piano orizzontale.



Numerose sono le innovazioni peculiari della realizzazione, sia dal punto di vista tecnico che gestionale:

\_tutti i pannelli sono interbloccati meccanicamente in aderenza alla falda del tetto e collegati idraulicamente in serie, formando di fatto una unica grande superficie captante di 101 m<sup>2</sup> netti (impianto "large scale"); gli accostamenti tra i pannelli sono protetti da appositi faldali in alluminio, ottenendo in questa maniera una superficie continua con funzionalità di protezione dalla pioggia e coibentazione della copertura; la superficie risultante è visivamente molto più omogenea di quella ottenibile con altre soluzioni;

\_i singoli elementi costitutivi del campo solare sono di grande taglia (6 pannelli da 13,2 m<sup>2</sup> + 2 pannelli da 11,1 m<sup>2</sup>) il che, una volta predisposti gli ancoraggi alla struttura muraria, ne permette il tiro in alto, il posizionamento e il collegamento idraulico in un tempo brevissimo (una giornata per l'intero campo solare). La cassa è realizzata in legno, opportunamente protetto dall'azione diretta delle intemperie, la cui durata è equivalente a quella degli altri materiali costitutivi dell'impianto, col vantaggio di un basso impatto ambientale al momento dello smantellamento. La piastra captante è in rame con rivestimento altamente selettivo e i pannelli sono certificati secondo la norma DIN EN 12975;



\_la bassa portata idraulica all'interno dei pannelli (impianto "low flow"), compresa tra i 20 e i 30 litri/min complessivi, pari a circa 1/3 di quella adottata negli impianti tradizionali; la differenza di temperatura tra ingresso e uscita del campo pannelli può arrivare a 30 - 50 °C, circa tre volte maggiore rispetto ad un impianto tradizionale. L'elevato salto termico induce una maggiore stratificazione all'interno dei serbatoi inerziali, favorendo la produzione di acqua calda in maniera istantanea, e minimizzando l'intervento del sistema primario di riscaldamento a metano;

\_l'energia elettrica per l'azionamento della pompa del circuito solare è prodotta mediante pannelli fotovoltaici (due pannelli da 2 m<sup>2</sup> ciascuno costituiti da celle in silicio monocristallino, con efficienza superiore al 15%), integrati nel campo dei pannelli solari. Questo sistema permette di rendere autonomo dalla rete elettrica il funzionamento della pompa dell'impianto, salvo nel momento dello spunto o in condizioni di bassa luminosità, ed inoltre realizza una regolazione automatica della portata della pompa in funzione dell'irraggiamento istantaneo secondo il feedback: maggior irraggiamento > maggiore potenza termica da asportare dai pannelli solari > maggiore corrente prodotta dai pannelli fotovoltaici > maggiore velocità di rotazione della pompa > maggiore portata del circuito idraulico;

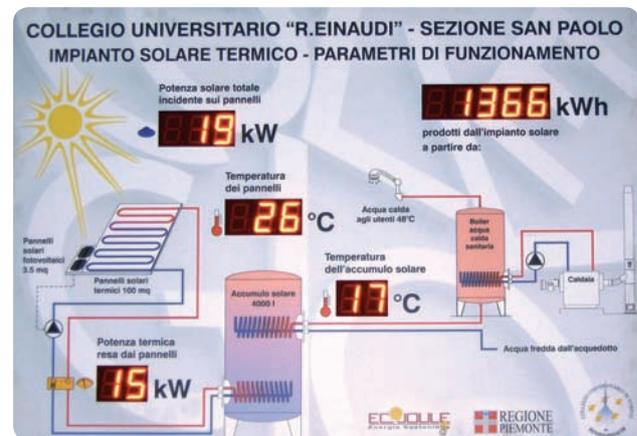
\_un sistema di monitoraggio e controllo dei parametri di funzionamento dell'impianto, corredato di piranometro, sonde, contatori volumetrici, flussometri e altri sensori adatti al rilevamento, istantaneo ed integrato, di tutte le grandezze in gioco nelle varie parti di impianto:

- irraggiamento sul piano dei collettori;
- temperatura esterna;
- temperatura in ingresso e in uscita dai collettori;
- temperatura in ingresso e in uscita dagli scambiatori;
- temperatura a diversi livelli dei serbatoi inerziali;

- temperatura di mandata e di ritorno del ricircolo sanitario;
- volume d'acqua fredda d'alimentazione impianto sanitario;
- portata del circuito primario solare;
- portata del circuito di ricircolo sanitario;
- portata del circuito di integrazione del calore da caldaia;
- periodi di accensione e spegnimento della pompa solare;
- stato commutazione valvola a tre vie deviatrice sui serbatoi inerziali;

Le grandezze misurate e memorizzate servono per verificare sperimentalmente il corretto funzionamento del sistema e la sua efficienza e sono utilizzate per valutare interventi di modifica o miglioramento dell'impianto;

\_i parametri di funzionamento sono resi pubblici attraverso una pagina web dedicata sul sito del Collegio ([www.collegioeinaudi.it](http://www.collegioeinaudi.it)). Tramite l'uso di password la consultazione può essere di tipo più completo, o anche interattiva da parte dell'impresa installatrice, responsabile del buon funzionamento dell'impianto, con possibilità di modificare a distanza le tarature della centralina di regolazione. Un grande pannello sinottico posto nella hall del collegio, riporta in tempo reale i valori captati e resi di potenza termica e temperatura, oltre al valore cumulativo dell'energia prodotta in un dato periodo;



la resa dell'impianto è garantita dall'impresa installatrice mediante la sottoscrizione di un Contratto di Garanzia Risultati Solari (GRS), che fissa il livello minimo di produzione di energia solare da raggiungere, al di sotto del quale l'impresa deve corrispondere un indennizzo, avallato da una apposita polizza fidejussoria. Tale soglia è dichiarata dalla stessa impresa fin dalla fase della gara d'appalto e il suo valore fa parte dei criteri di valutazione delle offerte); nello specifico essa risulta pari a 488 kWh/m<sup>2</sup>/anno calcolato sulla media di tre anni e a fronte di una produzione di acqua calda sanitaria di 2.000 m<sup>3</sup>/anno.

è stata stipulata col Dipartimento di Energetica del Politecnico una convenzione triennale avente per oggetto il telemonitoraggio e l'elaborazione dei parametri di funzionamento al fine di determinare un programma di ottimizzazione dinamica delle regolazioni atto a massimizzare la resa complessiva dell'impianto.

### / PRESTAZIONI ENERGETICHE ANNUE E CONTRATTO DI GARANZIA DEI RISULTATI SOLARI

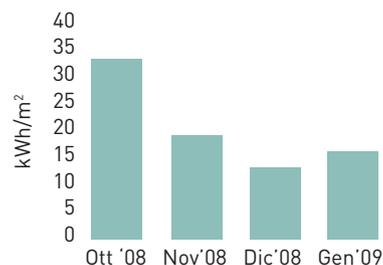
Nel corso di tutto il 2008 è stato registrato un valore di energia resa dal circuito solare pari a 51.908 kWh che, divisi per la superficie di apertura del campo solare (101,4 m<sup>2</sup>), danno un valore di energia annua per unità di superficie di pannello, pari a circa 512 kWh/m<sup>2</sup>/anno: la prestazione energetica realizzata risulta quindi superiore a quella contrattualmente stabilita.

### / PRESTAZIONI ENERGETICHE MENSILI

Il dato di risparmio annuo è stato ricavato a seguito di una valutazione eseguita su base mensile.

A titolo di esempio, il grafico seguente riporta l'energia resa dal circuito solare durante alcuni mesi della stagione di riscaldamento 2008-2009, non caratterizzati da condizioni climatiche particolarmente favorevoli.

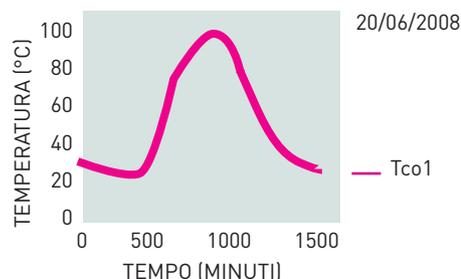
Energia resa dal circuito solare per unità di superficie di pannelli



### / ANALISI DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE GIORNALIERE

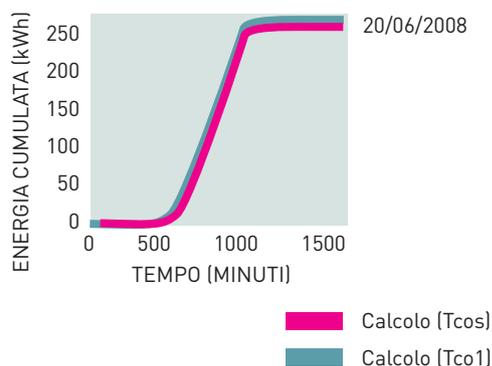
I dati vengono registrati dal sistema di monitoraggio ogni minuto. Pertanto sono possibili valutazioni anche dettagliate delle prestazioni energetiche.

Il grafico della figura seguente riporta, a titolo di esempio, la temperatura all'ingresso degli scambiatori solari durante una giornata.



Dai dati del monitoraggio è anche possibile avere indicazioni sul funzionamento dei singoli componenti del circuito, non solo sull'energia lorda guadagnata, ma anche sulle perdite termiche.

A titolo di esempio il grafico della figura seguente riporta l'energia resa dal circuito solare durante una giornata, calcolata utilizzando la temperatura all'uscita dai pannelli solari (Tcos), oppure utilizzando la temperatura all'ingresso degli scambiatori solari (Tco1).



Si veda come i due valori siano molto simili, a testimonianza dell'ottima coibentazione del circuito solare.



## / RAFFRONTO CON LA SITUAZIONE PREESISTENTE

L'impianto solare si inserisce su un impianto termico esistente, di recente realizzazione, costituito da caldaie a condensazione per la produzione combinata di calore per la climatizzazione invernale e acqua calda ad uso igienico sanitario. Rispetto alla situazione preesistente l'impianto solare è quindi preposto alla riduzione del consumo energetico per la preparazione dell'acqua calda sanitaria. L'energia annua (2008) resa dal circuito solare è stata pari a 51.908 kWh.

A meno delle dispersioni dei serbatoi solari (non quantificabili, ma da ritenersi ragionevolmente basse sia per i non elevati livelli termici raggiunti, sia per il notevole isolamento degli stessi) essa rappresenta il risparmio di energia termica utile per la produzione di acqua calda sanitaria. Ipotizzando un rendimento di generazione delle caldaie per la produzione di acqua calda sanitaria pari al 90 %, si ha che il risparmio di energia primaria è pari a 57.675 kWh.

## / VANTAGGI AMBIENTALI

A seguito del risparmio di energia primaria precedentemente ricavato, ammettendo un fattore di emissione del metano pari a 2,91 tCO<sub>2</sub>/tep (valore presente nel bando di finanziamento), si ha che le emissioni annue evitate sono pari a 14,40 tCO<sub>2</sub>.

## / SOVRACCOSTI SOSTENUTI E VANTAGGI GESTIONALI CONSEGUITI

L'investimento iniziale, al netto del finanziamento regionale, è risultato pari a 56.960,00 Euro. Ad un costo lordo del metano (gennaio 2009) pari a 0,85 Euro/m<sup>3</sup>, si ha che il risparmio annuo ammonta a circa 4.900,00 Euro: questo comporta un tempo di ritorno dell'investimento pari a circa 12 anni.

Proponente | **Comune di Roccabruna (Cn)**

Progetto | **Arch. Claudio Ellena**

# COGENERAZIONE E SISTEMA SOLARE TERMICO PRESSO CENTRO SPORTIVO

## / TIPOLOGIA DI EDIFICIO E SUA DESTINAZIONE D'USO

Dall'ottobre 2006 è aperta la piscina coperta presso il Centro Sportivo Polifunzionale "Valle Maira" (nel seguito CSP "Valle Maira"), localizzato nel comune di Roccabruna, in provincia di Cuneo. L'impianto sportivo di Roccabruna, come si vede nella planimetria di progetto, si compone di una palestra polifunzionale, di un palazzetto sportivo e di una piscina coperta, dotata di vasca semiolimpionica e vasca per bambini con angolo idromassaggio.

Il Centro polifunzionale è utilizzato da tutte le associazioni sportive della valle, ha un bacino d'utenza di circa 30.000 persone e richiede l'impiego di una quarantina di addetti, con ricadute importanti sotto il profilo economico, occupazionale e turistico. La storia del CSP "Valle Maira" è piuttosto recente e a forte iniziativa locale. Nel 2000 fu approvato dal Comune di Roccabruna il progetto per la realizzazione della palestra polifunzionale, inaugurata poi nel settembre 2002, frutto di una sinergia pubblico-privato attraverso una convenzione di cofinanziamento e gestione degli impianti



Il Centro Sportivo "Valle Maira" a Roccabruna

con l'Associazione "Val Maira Sport". Successivamente, con finanziamenti del Comune di Roccabruna, della Comunità Montana e della Provincia di Cuneo, sono stati realizzati il palazzetto dello sport e la piscina all'aperto già predisposta per la copertura, inaugurati nel 2004.

Gli interventi successivi di completamento delle infrastrutture del Centro Sportivo, fra cui la copertura della piscina, la costruzione di un bar e del solarium e la sistemazione dell'area di accesso al centro e dell'area verde a servizio della piscina, sono stati cofinanziati dalla Regione Piemonte, dalla Comunità Montana Valle Maira e dal Comune di Roccabruna. Nell'ultima fase degli interventi particolare attenzione è stata rivolta agli aspetti di risparmio energetico e di utilizzo di fonti rinnovabili.

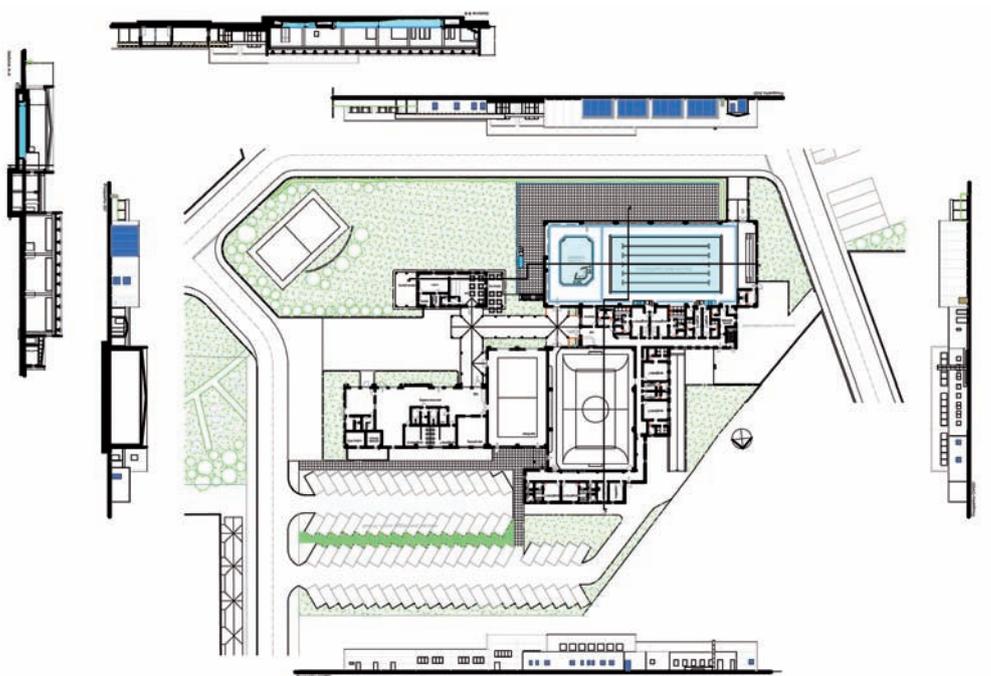
Parallelamente alla copertura della piscina, infatti, si è messo a punto un sistema di climatizzazione e riscaldamento dei locali e dell'acqua della piscina che ha ottenuto un finanziamento regionale pari a un terzo dell'importo la-

vori e un contributo della Fondazione Cassa di Risparmio Cuneo a copertura dei costi totali.

Per l'impianto termico della piscina si è voluto ricorrere a soluzioni impiantistiche legate a fonti energetiche alternative e la struttura è stata dotata di pannelli solari e di centrali di cogenerazione.

Le indagini effettuate per valutare la possibilità di realizzare anche un impianto a geotermia, eseguendo una trivellazione che ha rivelato una differenza di temperatura pari a 13 °C tra la superficie ed una profondità di 100 m, hanno portato a ritenere tale intervento troppo oneroso.

L'attenzione agli aspetti energetici è stata principalmente legata al fatto che i centri sportivi sono costituiti da ambienti assai complessi dal punto di vista termotecnico, soprattutto per quanto riguarda l'ambiente piscina, che comportano difficoltà di progettazione, realizzazione e gestione degli impianti.



Planimetria CSP "Valle Maira"

## / INTERVENTI REALIZZATI NELL'AMBITO DEL FINANZIAMENTO REGIONALE

Come già detto, i centri sportivi sono generalmente costituiti da ambienti assai complessi dal punto di vista termotecnico, in cui deve essere garantita una temperatura di almeno 30° C, mentre la temperatura dell'acqua deve essere a 32° C nella vasca per i bambini e a 28°C nella vasca semiolimpionica.

Quindi la forte incidenza dei costi energetici ha suggerito già in fase di progetto di orientarsi verso soluzioni a risparmio energetico, caratterizzate anche dall'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili.

L'intervento realizzato, pertanto, ha previsto l'integrazione di due tipologie differenti di impianti: il contributo del solare e la cogenerazione.

## \_DESCRIZIONE INTERVENTI

Già in fase di progetto del complesso edilizio, l'ottimizzazione della gestione energetica e della qualità ambientale del CSP "Valle Maira" è stata ricercata mediante l'adozione di componenti di involucro ad elevati valori di isolamento termico e capacità termica con conseguente riduzione del fabbisogno energetico per riscaldamento invernale e raffrescamento estivo.

La tipologia edilizia dell'edificio è caratterizzata da tamponamenti in blocchi di calcestruzzo alleggerito con polistirolo e da manto di copertura in pannelli coibentati con finitura in lamiera zincata preverniciata.

I componenti finestrati sono del tipo con vetro basso-emissivo e serramento in alluminio a taglio termico. L'edificio in oggetto presenta buoni requisiti di isolamento termico, anche migliorativi rispetto ai limiti fissati dalla legge 10/91 vigente all'epoca del progetto.

L'impianto termico, unico a servizio del complesso di palazzetto e piscina, fornisce calore per il riscaldamento e la ventilazione degli ambienti, per il riscaldamento dell'acqua delle piscine e per la produzione di acqua calda sanitaria nei locali adibiti a spogliatoi.



La palestra e la piscina e del CPS "Valle Maira"

Le dotazioni impiantistiche realizzate consistono in un impianto centralizzato con due caldaie, funzionanti in parallelo, di cui una a condensazione di potenza utile di circa 349 kWt e l'altra di tipo tradizionale di potenza utile di circa 343 kWt; tale impianto è integrato da un impianto a collettori solari e da un impianto di cogenerazione, entrambi oggetto del finanziamento regionale.

Il sistema a collettori solari è del tipo sottovuoto ad acqua; essi sono posizionati sulla copertura della piscina su una struttura con inclinazione 45° orientata a sud, per un totale di circa 100 m<sup>2</sup>. Si tratta di 22 pannelli, ciascuno con

una superficie captante netta di 4,5 m<sup>2</sup>, disposti su 2 file. I collettori sono collegati all'impianto tramite l'utilizzo di uno scambiatore di calore a piastre dimensionato per 153 kW in cui passa l'acqua calda di ritorno dal collettore a servizio della piscina.

Considerando che l'impianto è finalizzato a diminuire i consumi energetici per il riscaldamento della piscina, non è stato necessario inserire un serbatoio fra il circuito solare e quello primario, in quanto il volume d'acqua contenuto nella piscina garantisce una riserva di acqua sufficiente per poter smaltire il calore prodotto.



I pannelli solari sulla copertura della piscina

Questo discorso vale sia per l'estate sia per l'inverno, stagione in cui oltre al riscaldamento dell'acqua della piscina si accende anche la caldaia per il riscaldamento degli ambienti. Il calcolo teorico della produttività media annua di un collettore solare sottovuoto stima che l'energia globale annualmente prodotta dall'impianto in oggetto è circa pari a 80.000 kWh/anno.

Tale dato porta a dire che durante il periodo estivo l'impianto solare è in grado di soddisfare quasi totalmente il fabbisogno di acqua calda della piscina e degli spogliatoi.



La centrale termica

Il campo solare è completamente gestito dalla centralina fornita con i pannelli, che attiva l'elettropompa di circolazione del circuito solare in funzione della temperatura misurata nel punto più a Est del sistema: in questo modo non si corre il rischio di formazione di vapore all'interno dei pannelli che per primi vengono raggiunti dai raggi solari. Tale centralina è stata recentemente dotata di un sistema di controllo automatico per consentire la registrazione continua dei dati, in modo da renderli disponibili per le valutazioni energetiche dell'impianto.

La centrale di cogenerazione è ubicata all'esterno del complesso sportivo, su uno spiazzo adiacente alla centrale termica e in prossimità del contatore generale del gas. I due cogeneratori, costituiti da motori endotermici, forniscono energia termica ed elettrica alla struttura, entrambi con potenze massime di 20 kWe e 44 kWt. Il calore ceduto dai cogeneratori viene utilizzato per preriscaldare l'acqua calda di ritorno dal collettore della piscina.

Le macchine funzionano a gas metano con un consumo di circa 7,3 Nm<sup>3</sup>/h. La cogenerazione (ovvero la produzione combinata di energia elettrica e termica) è particolarmente indicata per questo tipo di utenza (centro sportivo), in quanto le macchine riescono generalmente ad assumere elevati coefficienti di utilizzo, in relazione all'alto consumo di acqua calda sia nella stagione estiva sia in quella invernale. Il sistema di cogenerazione è predisposto per realizzare un funzionamento "elettrico a seguire" in relazione ad eventuali richieste dall'ente erogatore pubblico;

è dimensionato per coprire, in modo continuativo, il carico elettrico di base del palazzetto e della piscina.

Il circuito di distribuzione dell'acqua calda proveniente dalle caldaie è completato da un sistema di by-pass e ricircolo sulla rete principale che permette, in qualsiasi situazione, il ricircolo della quantità di acqua necessaria per la circolazione del fluido ai fini del recupero dell'energia termica dal gruppo di cogenerazione. In altre parole, dal collettore di ritorno delle caldaie, una parte dell'acqua viene spillata e mandata al cogeneratore, al fine del recupero termico fornito dalla macchina, che contemporaneamente produce energia elettrica.

Nei pochi anni di esercizio si è cercato di autoconsumare sempre l'energia prodotta, perché, all'epoca di entrata in funzione dell'impianto, non era possibile sottoscrivere con l'ENEL una convenzione per lo "scambio" di energia (occorreva, viceversa, sottoscrivere un contratto di cessione della produzione dell'energia elettrica, soluzione che non sarebbe risultata conveniente). Ora che sono state modificate le regole del mercato dell'energia, forse sarà possibile ottimizzare la produzione dei cogeneratori, non essendo più vincolante l'autoconsumo dell'energia prodotta.

L'impianto di cogenerazione, infatti, gestendo in maniera opportuna il funzionamento delle macchine, può produrre circa 215.300 kWh/anno di energia elettrica.



I cogeneratori

## / QUADRO ENERGETICO DI PROGETTO, BILANCIO E RISPARMIO ENERGETICO E STIMA DELLE MANCATE EMISSIONI

I fabbisogni di energia termica del CSP Valle Maira, stimati dai dati progettuali, sono quantificabili come segue:

Fabbisogno energetico per riscaldamento ambienti:

410.000 kWh/anno

Fabbisogno energetico per riscaldamento acqua piscina:

420.000 kWh/anno

Fabbisogno energetico produzione d'acqua calda sanitaria:

220.000 kWh/anno

Il fabbisogno di energia termica globale<sup>1</sup> è quindi di circa 1.050.000 kWh/anno che, considerando un rendimento medio complessivo di impianto pari a circa 0,8, corrisponde ad un consumo annuo di gas metano di circa 138.000 m<sup>3</sup>/anno. Il consumo totale di energia elettrica è pari a 313.000 kWh, di cui il 60% da rete e il restante 40% prodotto dalla cogenerazione.

Allo stato delle conoscenze acquisite con le rilevazioni effettuate sulla gestione del sistema di produzione-gestione energetica del CSP "Valle Maira", si evidenziano per il 2007, primo anno di funzionamento a regime, i seguenti principali dati di riferimento per i consumi annuali di gas e energia elettrica effettivi:

### gas metano:

89.500 m<sup>3</sup> (caldaie) + 59.000 m<sup>3</sup> (cogenerazione);

energia elettrica:

162.000 kWh (rete) + 130.000 kWh (cogenerazione).

Tali dati di consumo del 2007 confermano quindi sostanzialmente i dati di progetto, ma risultano più alti, in quanto si sono subito evidenziati alcuni problemi nel funzionamento e nella gestione dell'intero sistema di climatizzazione. Si tenga inoltre presente che il costo complessivo derivante dai suddetti consumi è risultato, nel 2007, superiore a 120.000 Euro/anno.

Ai fini del bilancio energetico complessivo, i dati tecnici dei diversi elementi costituenti l'impianto portano alle seguenti stime di consumo annuo di gas metano e dei relativi consumi equivalenti in termini di "tep" e "tCO<sub>2</sub>":

### Calcolo relativo ad un cogeneratore:

Potenza termica: 44 kW

Potenza elettrica: 20 kW

Consumo orario = 7,3 m<sup>3</sup>/h

Consumo annuale = 25.550 m<sup>3</sup>/anno (per 3500 ore/anno)

tep consumati = 21,05 tep

tCO<sub>2</sub> emesse = 61,26 tCO<sub>2</sub>

### Calcolo relativo ad una caldaia a condensazione:

Potenza termica: 300 kW

Consumo orario caldaia a condensazione = 32,97 m<sup>3</sup>/h

Consumo annuale = 115.395 m<sup>3</sup>/anno (per 3500 ore/anno)

tep consumati = 95,1 tep

tCO<sub>2</sub> emesse = 276,76 tCO<sub>2</sub>

E' possibile anche stimare le quantità di emissioni risparmiate considerando l'energia termica fornita dai pannelli solari:

### Calcolo relativo ai pannelli solari:

Radiazione solare media annua recuperabile = 122,2 kWh/m<sup>2</sup>

Produzione: 12098 kWh

tep risparmiati = 14,68 tep

tCO<sub>2</sub> risparmiate = 42,72 t CO<sub>2</sub>

<sup>1</sup> Come già specificato, il locale piscina ed il palazzetto, compresi i servizi e gli spogliatoi annessi, sono serviti da un unico impianto termico centralizzato. La superficie totale interessata è di circa 2.230 m<sup>2</sup> per un volume totale riscaldato di circa 11.000 m<sup>3</sup>.

Sulla base di tali dati si possono individuare le seguenti stime di risparmio energetico conseguite dall'intervento finanziato, sviluppato con le nuove tecnologie a fonte rinnovabili, rispetto a impianti "tradizionali", in termini sempre di tep e tCO<sub>2</sub> su base annua:

\_il risparmio valutabile di un cogeneratore rispetto ad un sistema tradizionale è pari a:

tep = 9,91

tCO<sub>2</sub> = 24,30 tCO<sub>2</sub>

\_il risparmio valutabile di una caldaia a condensazione rispetto ad una tradizionale è quindi:

tep risparmiati = 11,13

tCO<sub>2</sub> risparmiate = 32,39 tCO<sub>2</sub>

In base a questi dati si stima un risparmio complessivo dei costi energetici, conseguito con il ricorso ai pannelli solari e alla cogenerazione, del 30% circa rispetto ad impianti tradizionali.

E' però evidente che, nel caso del CSP Valle Maira appena descritto, non è possibile eseguire dei raffronti di bilancio energetico, né di costi energetici, con condizioni preesistenti, in quanto l'impianto è entrato in funzione contemporaneamente all'apertura del centro natatorio.

Un'ulteriore considerazione sugli aspetti di "risparmio" deriva dall'analisi dei dati di progetto riguardo alla stima dei sovraccosti sostenuti dalle installazioni realizzate rispetto ad un intervento "di riferimento" con impianti tradizionali.

## **IMPIANTO SOLARE**

Costo Euro 70.000,00

→ risparmio annuo Euro 18.750,00

## **IMPIANTO DI COGENERAZIONE**

Costo Euro 94.200,00

→ risparmio annuo Euro 34.800,00

## **RISPARMIO COMPLESSIVO ANNUALE**

Euro (18.750,00 + 34.800,00) = Euro 53.550,00

E' significativo osservare che tale importo risulta essere circa il 50% delle spese annuali per energia preventivate dal progetto, di poco inferiori a quelle sostenute nel 2007.

## **/ INTERVENTI RECENTI DI OTTIMIZZAZIONE E GESTIONE IMPIANTI**

Durante il primo anno completo di funzionamento della piscina e del nuovo impianto termico realizzato con i fondi regionali, il 2007, sono stati effettuati dei rilevamenti costanti sugli andamenti dei consumi al fine di verificarne le entità e per poter capire dove era ancora possibile ottimizzare la gestione dell'impianto.

Nel 2008 Maira Spa, riconoscendo la valenza sociale delle attività svolte nel settore sportivo dal CSP "Valle Maira", a vantaggio, in particolare della comunità locale della Valle Maira, ha quindi finanziato ed attivato un programma di energy management con l'obiettivo di ottimizzare le caratteristiche prestazionali del sistema di gestione energetica in dotazione al CSP "Valle Maira", nelle sue diverse aree di esigenza/consumo, migliorando il livello di integrazione tra gli elementi costitutivi impiantistici (caldaie, cogeneratori, collettori solari, ventilazione ...), nell'ottica di una riduzione dei consumi energetici e dei costi e di un ribaltamento di una quota significativa dei benefici conseguiti sulla qualità del servizio offerto dal centro sportivo agli utenti.

L'intervento è articolato in due fasi.

Con la fase 1, terminata nel settembre 2008, si è di fatto attivata la funzione di energy management, basata sul monitoraggio continuativo del funzionamento degli impianti, sempre con l'obiettivo di ottimizzare consumi e prestazioni.

Nella fase 2 è stato realizzato il nuovo sistema di supervisione/automazione complessiva degli impianti, finalizzato anche al monitoraggio dei consumi energetici della Piscina e al controllo e gestione degli impianti con trasmissione dei dati a distanza, attivo dalla primavera 2009.

Il sistema di supervisione centrale, con funzione anche di monitoraggio delle soluzioni di risparmio energetico e di raccolta di dati storici di consumo, è in grado di permettere la regolazione automatica di tutto l'impianto, il monitoraggio in continuo delle diverse componenti, in modo da verificare il corretto funzionamento dell'impianto e da sfruttarne appieno le potenzialità.

Proponente | **Convitto Principessa Felicita di Savoia**  
Progetto | **Studio di ingegneria Diana**

# IMPIANTO DI COGENERAZIONE

## / TIPOLOGIA DI EDIFICIO E SUA DESTINAZIONE D'USO

Il Convitto Principessa Felicita di Savoia, adibito a Residenza Socio Assistenziale per utenti anziani, ha sede sulla collina torinese, immediatamente alle spalle del monte dei Cappuccini, ed è costituito da un edificio storico settecentesco. L'intero fabbricato è oggetto di vincoli conservativi sulle strutture e sugli esterni ai sensi della Legge n°1089/39; l'area di pertinenza è sottoposta a vincolo paesaggistico ai sensi della Legge n°1497/39 e l'edificio, dal 1979, è stato inoltre dichiarato monumento nazionale con provvedimento governativo.

La classificazione generale per categorie dell'edificio secondo l'art. 3 comma 1 del D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412 lo fa comprendere tra gli "Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili ivi compresi quelli adibiti a ricovero o cura di minori o anziani" (classe E3).

Presso l'edificio in oggetto precedentemente all'intervento erano presenti impianti tecnologici per la produzione di acqua calda ad uso riscaldamento e sanitario, facenti capo



ad una centrale termica alimentata a gas metano comprendente una coppia di generatori di calore con potenzialità di circa 750 kW ognuno.

L'energia elettrica veniva acquistata dalla rete pubblica di distribuzione ed era presente un gruppo elettrogeno a gasolio per la sola produzione di emergenza.

Nella struttura all'epoca dell'intervento era previsto un incremento delle richieste elettriche e termiche dell'attività a causa della realizzazione delle nuove cucine, di una piscina per idroterapia, degli impianti di condizionamento ed alla nuova destinazione d'uso di volumi precedentemente dismessi (nuovo blocco ambulatori, palestre, ecc.) ai piani interrati e sottotetto.

## / DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

L'intervento è consistito nella realizzazione di impianti tecnologici integrati tali da consentire un uso più razionale dell'energia mediante la messa in opera di un impianto di cogenerazione per la produzione di energia elettrica e termica e la sostituzione delle caldaie a gas di tipo tradizionale esistenti con altre del tipo a condensazione di pari potenzialità, il tutto alimentato a gas naturale.

L'energia termica prodotta è impiegata:

- per il riscaldamento della struttura (nei mesi invernali);
- per la produzione di acqua calda sanitaria;
- per la produzione di acqua calda da utilizzare nella cucina;
- per la produzione di acqua calda da utilizzare presso la piscina per idroterapia;
- per produrre acqua fredda ad uso climatizzazione per il blocco uffici, per la camera mortuaria, i saloni ecc., attraverso la realizzazione di un nuovo gruppo ad assorbimento.

L'impianto di cogenerazione realizzato è costituito da un gruppo con motore a gas a ciclo Otto con potenza meccanica di 180 kW a 1.500 giri/minuto abbinato ad un generatore con potenza elettrica di 165 kW e ad un gruppo di recupero del calore da 269 kW termici (di cui 94 recuperati dai gas di scarico del motore).

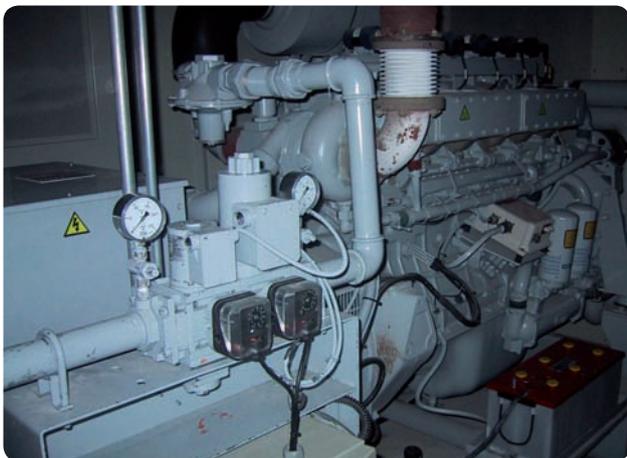
Per quanto riguarda la sezione centrale termica, ognuno dei due nuovi generatori di calore a condensazione è dotato di potenza nominale attestata su un valore di circa 800 kW per complessivi 1.600 kW.

I bruciatori accoppiati ai nuovi generatori di calore sono del tipo bistadio modulante a basse emissioni di  $\text{NO}_x$ ; i ventilatori d'aria sono dotati di pale rovesce in modo tale da ridurre l'assorbimento elettrico dei loro motori (riduzione pari a circa il 20 %) e ridurre l'emissione sonora.

I prodotti della condensazione sono trattati attraverso appositi dispositivi neutralizzatori prima del loro smaltimento. La tecnologia della condensazione ha comportato l'intervento sulle canne fumarie esistenti, che costituiscono parte integrante dell'impianto, inadatte, per come realizzate, all'utilizzo con fumi a bassa temperatura e sostituite quindi integralmente.

## / QUADRO ENERGETICO DI PROGETTO

Le caldaie a condensazione di nuova installazione sono in grado di coprire le richieste termiche del Convitto sia per quanto riguarda il riscaldamento durante il periodo invernale, sia per la produzione di acqua calda sanitaria e le altre utenze nei periodi di fermo dell'impianto di cogenerazione. Le nuove caldaie a condensazione sono state dimensionate su una potenzialità nominale complessiva di circa 1.600 kW; il loro costruttore dichiara un rendimento di combustione della caldaia del 98 % con temperature di ritorno/mandata di 60/80°C e di oltre il 107 % (sul Potere Calorifico Inferiore) con carico ridotto al 30%.



Gruppo di cogenerazione

Sulla base dei calcoli effettuati in fase di progetto per stimare il fabbisogno di energia termica dell'edificio, pari a circa 195,2 tep, e considerando il rendimento dichiarato dal costruttore delle caldaie a condensazione a parità di condizioni di esercizio, pari al 98%, si era valutato che la centrale termica doveva essere in grado di fornire almeno 1.992.082.686,2 kcal, pari a circa 199,2 tep.

Per quanto riguarda invece il gruppo di cogenerazione, sulla base del consumo orario di gas metano dichiarato dal costruttore pari a 53,9 m<sup>3</sup>/h e ipotizzando un funzio-

namento giornaliero di 15 ore, si può stimare una produzione giornaliera di energia elettrica pari a 2.475 kWh e di energia termica pari a 3.470.100 kcal, con un consumo stimato di gas metano di circa 808 m<sup>3</sup> (energia primaria consumata annualmente 233,45 tep).



Quadro comandi del cogeneratore

## / RAFFRONTO CON LA SITUAZIONE PREESISTENTE

Presso il Convitto Principessa Felicità di Savoia veniva acquistata energia elettrica dalla rete di distribuzione pubblica, con una potenza massima disponibile di 160 kW ed un consumo annuo di oltre 661.000 kWh (76,67 tep).

Per quanto riguarda il gas metano per la produzione di energia termica il consumo medio annuo negli anni d'esercizio precedenti il bando era pari a 265.882 m<sup>3</sup> (219,35 tep).



Caldaia a condensazione e bruciatore

Considerando il rendimento dei generatori di calore presenti prima dell'intervento, valutato cautelativamente pari all'89 %, si era stimata una richiesta termica annuale per gli impianti a valle della centrale di produzione del calore, di circa 1.952.241.032,5 kcal, equivalenti a 195,2 tep .

L'introduzione delle caldaie a condensazione permette di ottenere un risparmio di combustibile pari, nella peggiore delle ipotesi, ad almeno il 9% (il rendimento minimo passa dall'89 % al 98 %), risparmio che crescerà in fase di regolazione fino ad un massimo del 17%, con conseguenti minori emissioni di inquinanti.

L'introduzione di caldaie a condensazione in sostituzione dei gruppi standard precedentemente in opera ha comportato un beneficio energetico annuale almeno pari a:

richiesta del sistema edificio-impianti con caldaie standard	219,3 tep -
richiesta del sistema edificio-impianti con caldaie a condensazione	199,2 tep =
<b>risparmio annuale di energia con caldaie a condensazione</b>	<b>20,1 tep</b>

Il risparmio annuo stimato di energia, espresso in termini di calorie, è di circa 201.000.000 kcal che equivalgono ad un mancato consumo di gas metano stimato in 24.364 m<sup>3</sup>; in realtà il risparmio sarà molto più elevato poiché l'impianto è quasi sempre in regolazione ed avrà dunque rendimenti più alti di quelli considerati.



Gruppo di recupero del calore



Caldaia a condensazione e bruciatore

Ipotizzando cautelativamente un impiego al 30% della potenzialità installata per circa la metà del periodo complessivo di funzionamento dell'impianto, si è stimato un minore risparmio annuale sull'acquisto di gas metano di almeno 29.000 m<sup>3</sup>.

Per quanto riguarda invece le considerazioni relative al confronto tra l'impianto di cogenerazione ed un sistema convenzionale, è stato effettuato il raffronto dei bilanci energetici con una situazione che prevede la produzione di energia termica attraverso un generatore di calore convenzionale e l'acquisto di energia elettrica dalla rete pubblica.



Particolare impianto di riscaldamento

In termini di energia primaria risparmiata con l'impianto di cogenerazione si è valutato un beneficio energetico annuale stimato in:

energia primaria per la produzione separata di energia elettrica	121,45 tep +
energia primaria per la produzione separata di energia termica	190,57 tep -
energia primaria richiesta dall'impianto di cogenerazione	233,45 tep =
<b>risparmio annuale di energia primaria con cogenerazione</b>	<b>78,57 tep</b>

Il risparmio complessivo di energia primaria del sistema è pari quindi ad almeno 98,67 tep.



Sistema di accumulo acqua calda sanitaria

## / VALUTAZIONE DELLE MANCATE EMISSIONI

Per valutare le minori emissioni di gas ad effetto serra intese come tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente per anno che il nuovo sistema è in grado di conseguire, si sono utilizzati i seguenti fattori di emissione:

\_2,91 tCO<sub>2</sub> per ogni tep per la combustione del gas naturale;  
\_0,575 kgCO<sub>2</sub> per ogni kWh non prelevato dalla rete elettrica

Dall'analisi dei dati di funzionamento disponibili il risparmio emissivo annuo in termini di gas serra consentito dall'impianto di cogenerazione, risulta essere pari a circa 360,7 tCO<sub>2</sub>, ottenuti in ragione di una produzione elettrica di 573,8 kWh/giorno e di una produzione termica di 280 kWh/giorno.

Per quanto riguarda le caldaie a condensazione il risparmio complessivo è compreso tra 58,5 e 70,4 tCO<sub>2</sub>.

Il sistema, rivolto all'uso razionale dell'energia, possiede caratteristiche tali da determinare, nel corso della vita utile dell'impianto, un risparmio annuo complessivo di CO<sub>2</sub> equivalente sempre superiore a 300 tonnellate: infatti il sistema composto da nuove caldaie a condensazione e dall'impianto di cogenerazione è in grado di produrre un risparmio complessivo in termini di CO<sub>2</sub> equivalente emessa di almeno 418 tCO<sub>2</sub>/anno.

## / TEMPI DI RITORNO DELL'INVESTIMENTO

È possibile quantificare indicativamente in 10 anni il tempo di ritorno dell'investimento complessivamente sostenuto.

## / EFFETTI POSITIVI SU ALTRE POLITICHE REGIONALI

Tale intervento, che ha partecipato al Progetto HECTOR (Heritage Climate Torino) promosso dal TOROC in occasione dei Giochi olimpici invernali di Torino 2006, ha ceduto al TOROC i crediti di carbonio generati dall'iniziativa per un numero di anni che potrà arrivare fino alla scadenza del Protocollo di Kyoto. Questi crediti hanno concorso a compensare le emissioni di gas serra generate nel corso degli stessi Giochi Olimpici.



Proponente | **Impresa Delmastro**

Progetto | **Impresa Delmastro**

# GEOTERMIA PER CLIMATIZZAZIONE INVERNALE ED ESTIVA

## / UBICAZIONE E CONTESTO DEL SITO

L'intervento di riqualificazione energetica mediante miglioramento dell'isolamento termico e sostituzione della centrale termo-frigorifera interessa una palazzina adibita ad uffici, ubicata nel Comune di Lozzolo (VC).

Il nuovo impianto di climatizzazione, centralizzato, serve due edifici contigui: il primo, di recente costruzione, si sviluppa su due piani; al piano terreno sono presenti gli uffici amministrativi dell'Impresa, mentre al piano primo è ubicato l'alloggio del custode; tutte le zone sono riscaldate mediante pannelli radianti a pavimento.

Il secondo edificio si sviluppa su un singolo piano ed è interamente occupato da uffici.

Complessivamente gli edifici hanno una superficie di circa 310 m<sup>2</sup> ed un volume netto riscaldato di 930 m<sup>3</sup>.

Nell'ottica dell'innovazione, del risparmio energetico e della ricerca nello sviluppo di nuove tecnologie, il committente ha deciso di sperimentare una nuova tecnologia ad oggi ancora poco diffusa in Italia.



Foto aerea Impresa Delmastro

La produzione di energia termica si basa infatti sull'innovativa tecnica dei basket geotermici, che prevede l'uso di pompe di calore abbinate all'estrazione di energia geotermica in uno strato del terreno di profondità limitata. L'impianto è probabilmente il primo in Italia a sfruttare questa tecnologia, di origine svizzera.

### / DESCRIZIONE E TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO

L'intervento nasce da alcune esigenze e scelte organizzative, tra cui la necessità di migliorare il comfort di climatizzazione (riscaldamento, raffrescamento e deumidificazione) dell'edificio, la volontà di abbandonare le fonti di riscaldamento a combustibile fossile, inquinanti e sempre più costose, e l'interesse nello sperimentare direttamente gli impianti che la stessa Impresa installa e propone sul mercato attuale della climatizzazione civile, commerciale e industriale.

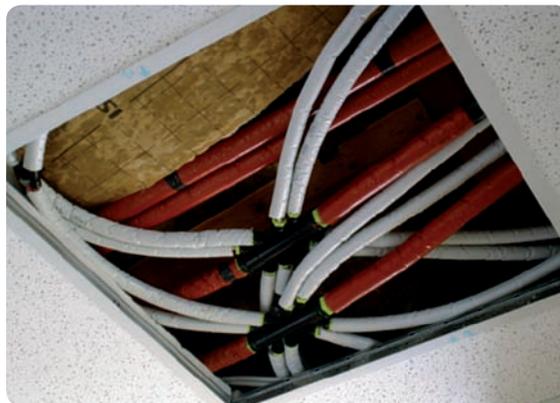
Sono state intraprese diverse attività tra loro legate:

per migliorare le dispersioni termiche del secondo edificio, adibito ad uso ufficio, si è provveduto ad incrementare la coibentazione delle pareti realizzando un termo-cappotto esterno in polistirene.



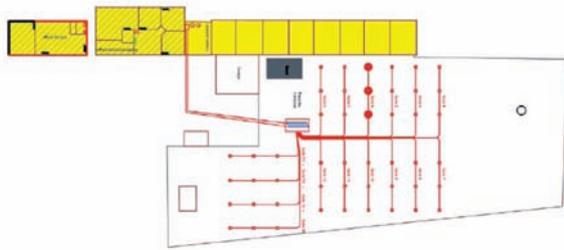
Installazione termocappotto in polistirene

si è proceduto allo smantellamento dei terminali di riscaldamento costituiti da stufe a gas (che generavano una potenza complessiva di 8,5 kW), e all'installazione di pannelli radianti a soffitto e di ventilconvettori a bassa temperatura, connessi con l'impianto geotermico di climatizzazione.



Distribuzione idraulica pannelli radianti a soffitto

si è sostituito il generatore di calore esistente (caldaia a condensazione con potenza di 24 kW), con un sistema geotermico a basket.



Planimetria posizionamento dei basket geotermici

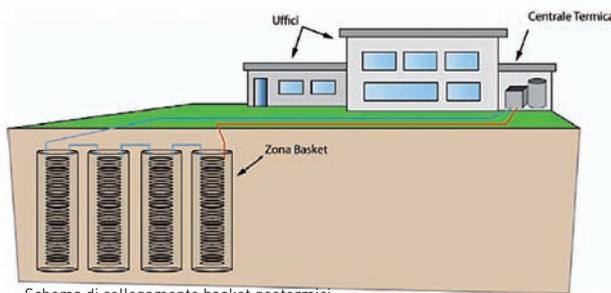


Basket geotermico

Tra questi interventi il più significativo è stato la costituzione della centrale termofrigorifera con pompa di calore e sistema a basket geotermici.

Questa nuova tecnologia è particolarmente adatta ad impianti di taglia medio-piccola e presenta il vantaggio della facilità di posa e di conseguenza della riduzione dei costi di installazione, rispetto alle sonde profonde che richiedono complesse opere di perforazione.

D'altra parte, per impianti di potenza significativa rimangono invece più indicate le sonde profonde in quanto l'area necessaria per il campo geotermico a basket risulterebbe eccessivamente estesa, anche se inferiore a quella occupata da un sistema geotermico del tipo a serpentina orizzontale.



Schema di collegamento basket geotermici

Il sistema dei basket geotermici sfrutta l'energia immagazzinata nello strato più superficiale del suolo, che dipende sostanzialmente dall'irraggiamento solare e dalle precipitazioni meteorologiche.

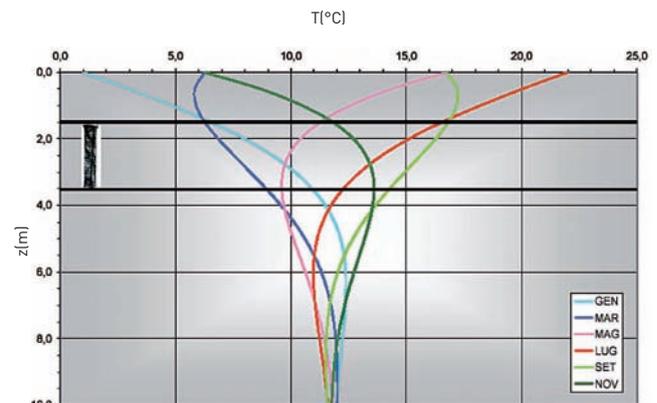


Grafico delle temperature del terreno in riferimento alla profondità d'interraggio dei basket.

Come è possibile notare dal grafico, la temperatura nella zona di inserimento dei basket (1,5-4,0 mt) ha una variazione stagionale che è stata valutata fra 8 e 15°C per il sito in esame, con la massima temperatura del suolo nei mesi di settembre/ottobre (curva verde chiaro), periodo nel quale inizia il riscaldamento, e temperatura minima nei mesi di marzo/aprile (curva blu scuro), poco prima dell'inizio del periodo di raffreddamento dell'edificio.

Questo fatto permette quindi di ottimizzare il rendimento delle pompe di calore, riducendo i consumi energetici per la climatizzazione dell'edificio.

Il basket geotermico è costituito da un tubo in HDPE (polietilene ad alta densità) fissato a spirale su un telaio.

Tale tipo di tubazione, per le sue caratteristiche di inattaccabilità chimica, resistenza meccanica, flessibilità ed economicità costituisce l'optimum per le lavorazioni previste. Mediante simulazioni numeriche di trasmissione del calore si è verificato che l'interdistanza ottimale tra i basket è dell'ordine di 4 metri: si tratta di una distanza sufficientemente elevata perché non ci siano fenomeni di mutua interferenza, ed al contempo tale da minimizzare l'ingombro.

Le simulazioni numeriche hanno inoltre portato a definire che il numero di basket geotermici deve essere superiore a 45 unità: ne sono stati previsti e installati 48.

### / QUADRO ENERGETICO

Il progetto degli impianti termici è stato eseguito nel rispetto dei parametri previsti dalla legislazione vigente e sulla scorta dei seguenti dati:

- \_temperatura minima esterna: -8 °C;
- \_temperatura minima interna dei bagni: +22 °C;
- \_temperatura minima interna degli altri locali: +20 °C;
- \_ricambi aria orari nei bagni: 2 volumi/ora;
- \_ricambi aria orari negli altri locali: 0,5 volumi/ora.

Per quanto riguarda il calcolo del fabbisogno energetico annuo si è effettuata una stima delle ore equivalenti di funzionamento a pieno carico.

Attualmente il carico termico invernale degli edifici è di 33,5 kW complessivi, mentre il carico estivo corrisponde a 22 kW.

### DIFFERENZA TEMPERATURA (TI-TE)

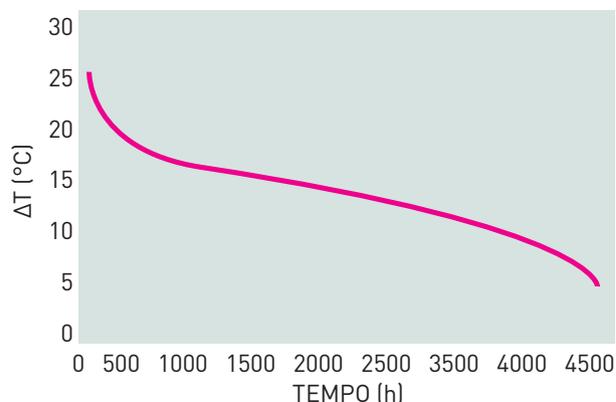


Grafico della potenza richiesta in funzione del numero di ore

Nel precedente diagramma, elaborato sulla base dei dati di temperatura per la zona in esame, si riportano le stime della potenza istantanea e la rispettiva durata in ore del periodo di riscaldamento.

La potenza media stagionale è dell'ordine del 40% circa della potenza massima.

Per il raffrescamento si può assumere un andamento simile, considerando però che, vista la destinazione dei locali (sostanzialmente uffici), nelle ore notturne l'impianto sarà sicuramente spento.

La potenza media stagionale è stata valutata pari al 30% circa della potenza massima.

L'energia richiesta dall'edificio è di 55.360 kWh per il riscaldamento e 15.840 kWh per il raffrescamento.



Escavatore attrezzato per la posa dei basket geotermici



Basket geotermico posato nello scavo



Collettori di collegamento

## / LA SITUAZIONE PREESISTENTE

L'impianto di riscaldamento dei locali consisteva in una caldaia a condensazione e in una serie di caldaie autonome a GPL, mentre la zona della sala riunioni era raffrescata tramite un tradizionale condizionatore ad aria.

Il GPL trasportato in loco, di tipo "propano commerciale" ha un costo di 0,52 Euro/l (liquido). In condizioni di pressione ambiente e temperatura di 15° C tale GPL sviluppa circa 270 litri di gas, per un costo al m<sup>3</sup> di circa 1,93 Euro. Il fabbisogno annuo di GPL era di circa 2.300 m<sup>3</sup>. Si valuta che i nuovi interventi di coibentazione effettuati avrebbero portato i consumi di GPL a circa 2000 m<sup>3</sup>, di cui il 97% destinato al riscaldamento e solo il 3% destinato alla produzione di acqua calda sanitaria.

Non si hanno invece dati relativi ai consumi per il raffrescamento estivo sia perché l'impianto esistente era destinato solo ad una minima parte della superficie servita dal nuovo impianto, sia perché, vista l'esigua potenza, non si era mai pensato di monitorare i consumi.

I consumi in raffrescamento sono pertanto stati confrontati con un impianto virtuale con chiller ad aria, con COP medio stagionale pari a 2,5, e fabbisogno complessivo di energia elettrica annuo che può essere stimato in circa 6.350 kWh.

## / EVIDENZIAMENTO DEI BENEFICI AMBIENTALI

Il sistema geotermico consuma annualmente 21 MWh di energia elettrica con conseguenti emissioni annue di CO<sub>2</sub> pari a circa 12,17 t.

L'impianto di confronto, a GPL per il riscaldamento e con chiller ad aria per il raffrescamento, che consuma 2000 m<sup>3</sup> di GPL e 6.350 kWh di energia elettrica, produce emissioni annue di CO<sub>2</sub> pari a circa 21,64 t.

La CO<sub>2</sub> equivalente risparmiata annualmente si attesta intorno alle 9,5 t, con un risparmio relativo dell'ordine del 45%. Il risparmio di energia primaria equivalente è invece dell'ordine del 33% per un risparmio di 4,44 tep/anno.

## / RICADUTE SOCIOECONOMICHE DELL'INIZIATIVA

Certamente questo intervento, già replicato in un'altra iniziativa di edilizia ad uso abitativo, consentirà di creare un nuovo mercato, in quanto il sistema di captazione del calore a basket geotermici si è dimostrato una valida alternativa ai sistemi a sonde orizzontali e a sonde verticali profonde. L'applicazione di pompe di calore in abbinamento ai basket, potrebbe ridurre in maniera sensibile i costi di installazione in determinate situazioni rispetto alla geotermia profonda, con un sicuro aumento di interesse da parte del grande pubblico.

## **/ SOVRACCOSTI E VANTAGGI GESTIONALI**

Il costo sostenuto per l'intervento è di poco inferiore a 50 mila euro, a fronte di un risparmio annuo di circa 1300 euro in termini di costi di esercizio.

Si tratta in questo caso evidentemente di costi molto elevati in relazione ai vantaggi conseguiti.

Lo strumento di finanziamento messo a punto dalla Regione ha permesso di sostenere la spesa e di verificare l'attuabilità della tecnologia sopra descritta.

Nei costi è dunque necessario considerare una cospicua parte legata alla sperimentazione e alla mancanza di standardizzazione: dalla trivella applicata allo scavatore, che è stata allungata ad hoc per l'occasione, alla produzione dei basket su raggi di curvatura inferiori a quelli consentiti abitualmente per le tubazioni di pari raggio, alla modellizzazione numerica del problema.

E' prevedibile che in futuro i costi di questa tecnologia verranno ampiamente ridimensionati in quanto:

- \_la progettazione sarà standardizzata;
- \_il costo dei basket scenderà qualora si attivi una produzione in serie;
- \_i prodotti saranno facilmente reperibili sul mercato italiano.

## **/ CONCLUSIONI**

L'impianto geotermico a basket è monitorato ormai da alcune stagioni e il suo funzionamento è provato e certo. Il beneficio reale che si sta ottenendo è leggermente maggiore di quanto stimato in fase progettuale, grazie alle temperature del terreno che non hanno mai raggiunto i parametri di progetto e di conseguenza alle migliori prestazioni della pompa di calore: si ha un discreto sovraridimensionamento del campo, adeguato ad una prima installazione ma ottimizzabile per ridurre i costi costruttivi.

Proponente | **Edilizia Certificata s.r.l.**  
Progetto | **Edilclima s.r.l.**

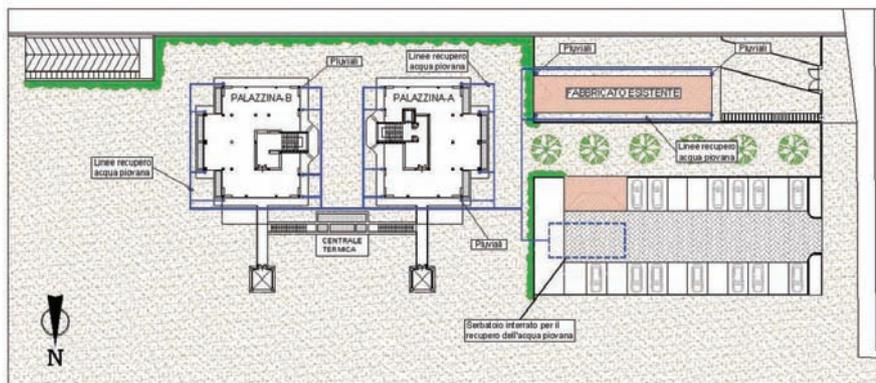
# NUOVO EDIFICIO PLURIFAMILIARE AD ALTA EFFICIENZA ENERGETICA

## / UBICAZIONE E CONTESTO DEL SITO E CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEL PROGETTO

L'intervento, realizzato nel Comune di Borgomanero, in provincia di Novara, consiste nella costruzione di due edifici residenziali per una volumetria totale di circa 3.000 m<sup>3</sup>, dotati di impianto geotermico a bassa entalpia e impianti a fonte rinnovabile.

## / CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEL PROGETTO

- \_7 unità abitative totali;
- \_impianto di climatizzazione invernale ed estiva con pannelli a pavimento ed aria primaria;
- \_produzione di acqua calda sanitaria mediante pannelli solari termici integrati dalla pompa di calore geotermica;
- \_superficie totale dei pannelli solari termici pari a circa 30 m<sup>2</sup>;
- \_produzione di energia elettrica (circa 9.500 kWh) mediante pannelli fotovoltaici per i servizi comuni, oltre ad 1 kW di picco disponibile per i consumi privati delle 7 unità abitative;



PLANIMETRIA DEL SITO

- \_superficie totale dei moduli fotovoltaici pari a circa 70 m<sup>2</sup>;
- \_consumo annuale di energia elettrica per riscaldamento, raffrescamento e produzione di acqua calda sanitaria pari a circa 8.500 kWh;
- \_impianto geotermico costituito da n. 2 pompe di calore da 1,8 kW ciascuna e n. 8 pozzi geotermici di profondità pari a 80 m;
- \_indice di prestazione energetica EP "totale" (riscaldamento, condizionamento e produzione di acqua calda sanitaria): 0 kWh/m<sup>2</sup>. L'energia termica necessaria agli usi riscaldamento, raffrescamento e produzione di acqua calda sanitaria è fornita quindi totalmente da fonti rinnovabili;
- \_impianto termico con reti di distribuzione fortemente isolate, terminali di erogazione a bassa inerzia ottimizzati per basse temperature e regolazione locale per locale.



L'edificio in costruzione

In fase progettuale sono state verificate diverse ipotesi di prestazione energetica dell'edificio, ipotizzando diverse soluzioni costruttive. In seguito a queste valutazioni preliminari, l'obiettivo prefissato è stato quello di realizzare edifici con un consumo previsto di energia primaria nullo.

L'involucro edilizio è stato ottimizzato con riferimento alle condizioni climatiche del sito ed ha le seguenti caratteristiche:

- \_trasmissanza strutture opache a 0,1 W/m<sup>2</sup>K;
- \_trasmissanza strutture vetrate inferiore a 1 W/m<sup>2</sup>K.

Le esposizioni degli appartamenti sono state definite sulla base delle caratteristiche del sito e del contesto pre-esistente. In particolare, la presenza di un condominio sul lato sud è stata vincolante nel disporre gli affacci dei locali principali sui lati est ed ovest, completamente liberi.

Le abbondanti superfici finestrate associate al massimo sfruttamento degli affacci liberi da ostacoli, hanno consentito di ottimizzare lo sfruttamento degli apporti solari termici ed illuminotecnici.



Rendering dell'edificio

## / PARTICOLARI COSTRUTTIVI

### \_SEZIONE VERTICALE // SOLETTA PIANO PILOTIS

La soletta verso il pilotis è isolata con 25 cm di poliestere fibrato posto nel controsoffitto e 12 cm di perlite in pannelli posta nel pavimento del piano terra.

I balconi di tutti i livelli sono realizzati in carpenteria metallica, finalizzata alla riduzione dei ponti termici ad una tipologia puntiforme.

Il giunto di collegamento alla struttura portante in calcestruzzo prevede i seguenti componenti:

- \_barre filettate nel getto;
- \_piastra di riscontro a filo corea;
- \_distanziali;
- \_contro piastra metallica;
- \_profilati UPN saldati alla contro piastra;
- \_parapetti e corrimano in carpenteria;
- \_copertine in pietra.
- \_rivestimento con lastre.

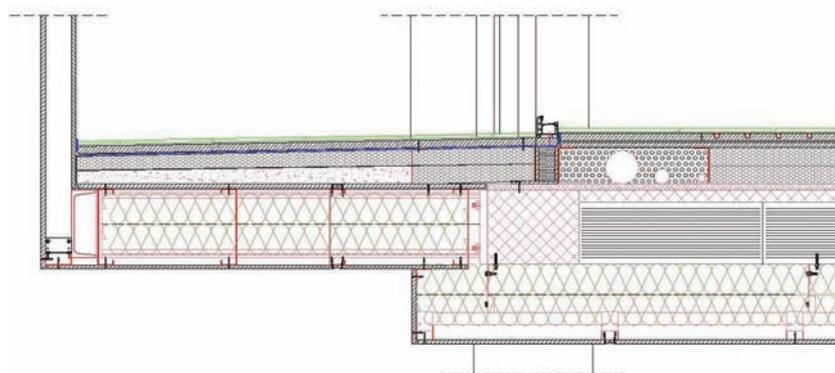
Lo scarico delle acque meteoriche è realizzato con una canalina parallela al parapetto.

Il pavimento presenta pendenza unica dalla soglia del serramento alla canalina stessa.



#### LEGENDA

-  = piastrelle
-  = pannelli in cemento rinforzati con fibra
-  = guaina
-  = pannelli di perlite
-  = perlite stusa
-  = massetto di livellamento
-  = calcestruzzo
-  = strato di livellamento
-  = pignatte
-  = intercapedine d'aria
-  = isolamento termico in fibra di poliestere da 12 kg/m<sup>3</sup>
-  = isolamento termico in fibra di poliestere da 20 kg/m<sup>3</sup>
-  = isolamento termico polistirene espanso estruso con pelle



## SEZIONE VERTICALE // SOLETTA PIANO INTERMEDIO // SERRAMENTI

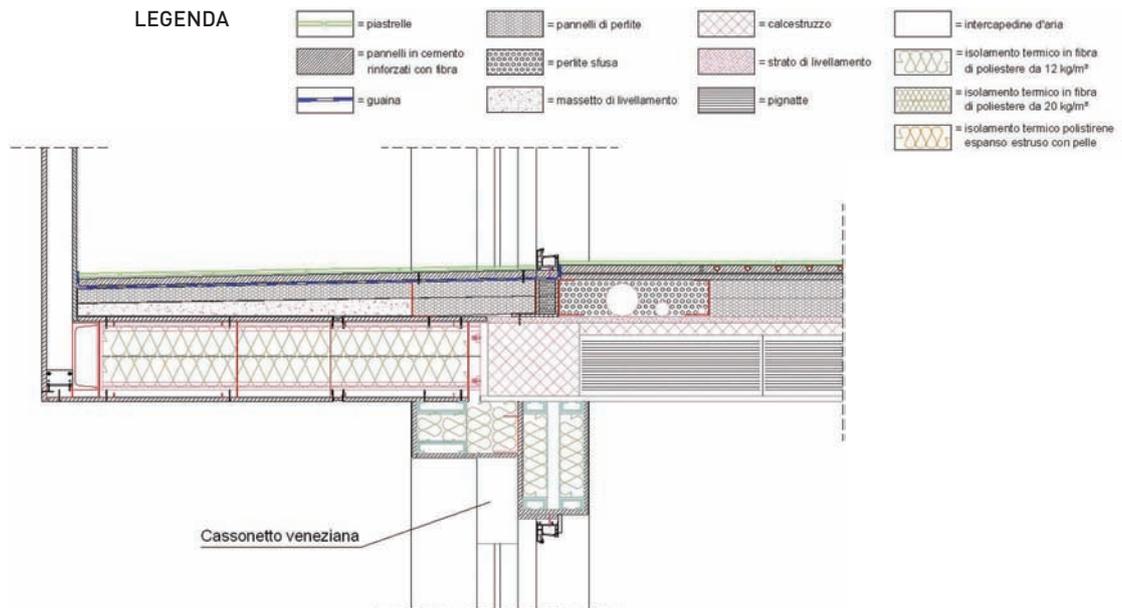
La soglia dei serramenti è appoggiata su un getto alloggiato con perlite.

I serramenti appoggiano sulla soglia, vincolati lateralmente e superiormente alle strutture prefabbricate leggere; questa soluzione consente idonea stabilità meccanica e adeguata interruzione dei ponti termici.

Questa soluzione consente idonea stabilità meccanica e adeguata interruzione dei ponti termici.

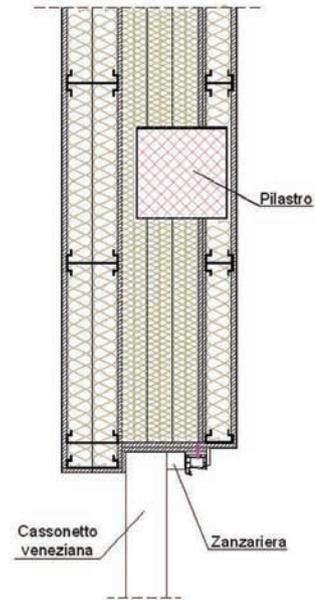
Per evitare ulteriormente i ponti termici, i sistemi oscuranti prevedono un cassonetto completamente esterno facilmente accessibile dai balconi per la manutenzione.

La parte fissa dei serramenti è nascosta superiormente dalle carpenterie del cassonetto delle veneziane e dalla guida delle zanzariere, mentre lateralmente scompare nello spessore della mazzetta. Esternamente la posa appare particolarmente semplice e pulita con ampia superficie vetrata e limitata incidenza del serramento.



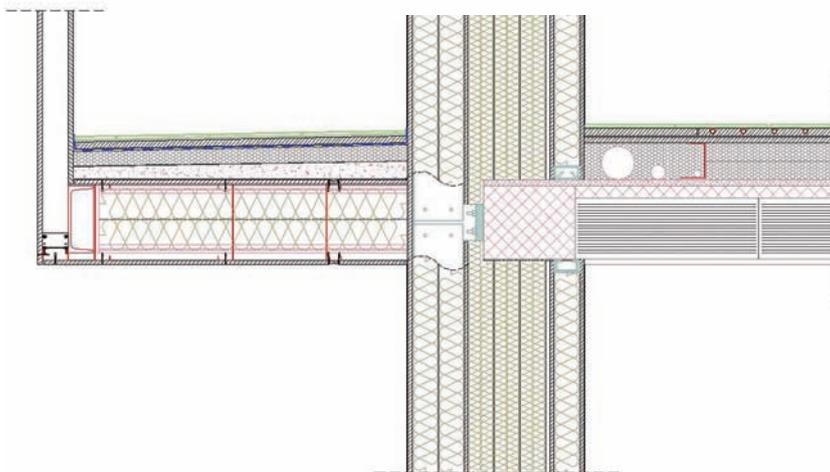
## SEZIONE VERTICALE //SOLETTA PIANO INTERMEDIO // PARETE

I tamponamenti della parete esterna sono realizzati con due sottostrutture, facciata continua e contro-parete interna. La facciata continua, realizzata con profilati metallici da 15 decimi e ala da 17 cm, risulta sbalzata rispetto ai pilastri ed alla corea ed è supportata alla struttura ordinaria tramite angolari a staffe metalliche comuni alla corea. La contro-parete interna è una semplice struttura in appoggio nel grezzo tramite binari del tipo carpentaria/lastra. Il volume tra le lastre di tamponamento delle due sottostrutture (circa 24 cm) è riempito con poliestere fibrato da 12 kg/m<sup>3</sup>, mentre lo spazio tra le due sottostrutture (circa 24 cm) è riempito con poliestere fibrato da 20 kg/m<sup>3</sup>. L'isolante scelto è ottenuto dal riciclaggio delle bottiglie in PET e possiede idonee caratteristiche meccaniche, termiche e di sicurezza.



### LEGENDA

 = piastrelle	 = pannelli di perite	 = calcestruzzo	 = intercapedine d'aria
 = pannelli in cemento rinforzati con fibra	 = perite sfusa	 = strato di livellamento	 = isolamento termico in fibra di poliestere da 12 kg/m <sup>3</sup>
 = guaina	 = massetto di livellamento	 = pignatte	 = isolamento termico in fibra di poliestere da 20 kg/m <sup>3</sup>
			 = isolamento termico polistirene espanso estruso con pelle

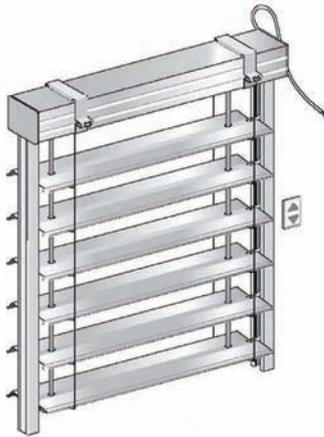


## COMPONENTI FINESTRATI

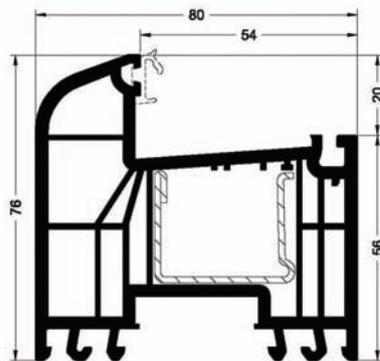
I serramenti in PVC adottano profili ad elevato isolamento termico ( $U_f < 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) e tripli vetri con intercapedine di 12 mm riempita con gas Krypton ( $U = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Sono previsti sistemi attivi (frangisole motorizzati esterni) per il controllo degli apporti solari.

La conformazione degli edifici è tale da assicurare un idoneo sfruttamento degli apporti solari gratuiti nei mesi invernali ed una idonea schermatura nei mesi estivi.



PROFILO TELAI



## INTERVENTI IMPIANTISTICI

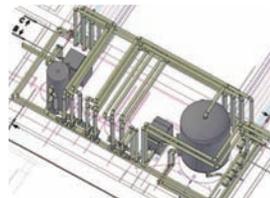
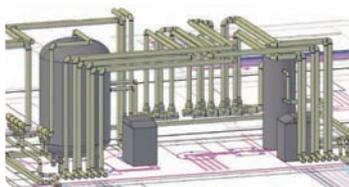
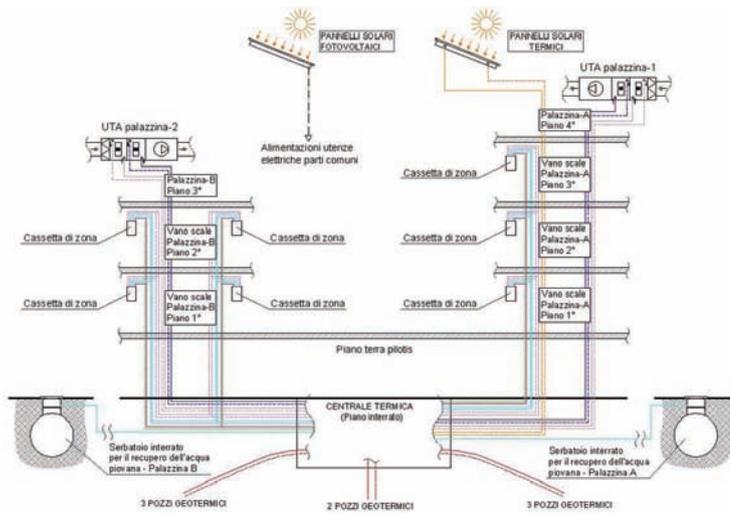
Il dimensionamento degli impianti in edifici aventi caratteristiche così innovative va effettuato con molta attenzione. La soluzione ipotizzata prevede il dimensionamento dei vari terminali (pannelli, piastre, batterie UTA) sul carico di picco ed il dimensionamento del sistema di produzione e degli scambiatori lato terreno (sonde geotermiche) sulla base delle condizioni medie mensili, tenendo conto degli apporti gratuiti.

Questo criterio progettuale, frutto di oltre 10 anni di applicazione in contesti civili, ha consentito di ridurre fortemente le potenze dei sistemi di produzione (9 kW termici complessivi per riscaldamento e raffrescamento).

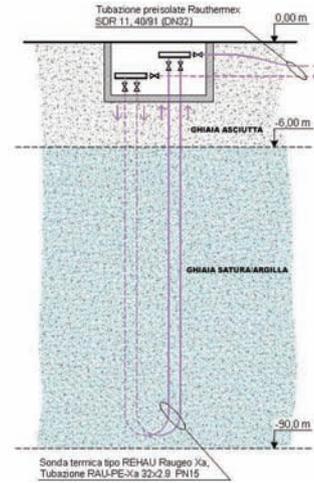
Tutti gli impianti di produzione e di utilizzazione dell'energia, dimensionati in conformità con la più recente normativa UNI-CEN, sono dotati di opportuna strumentazione in modo da verificare con accurate misure che le caratteristiche di progetto siano effettivamente riscontrabili sulle opere realizzate.

## \_SCHEMA CENTRALE TERMICA

La progettazione impiantistica è finalizzata a garantire il massimo comfort abitativo e ad annullare l'impatto ambientale in termini di consumo di fonti fossili di energia e di emissioni locali di inquinanti per quanto riguarda gli usi riscaldamento, produzione di acqua calda sanitaria e raffrescamento estivo. La disposizione dei componenti di centrale è stata ottimizzata grazie all'impiego di programmi 3D di nuova generazione.



## \_POZZI GEOTERMICI



## PANNELLI RADIANTI

Il sistema di pannelli radianti a pavimento utilizzato è stato sviluppato ad hoc in collaborazione con il fornitore.

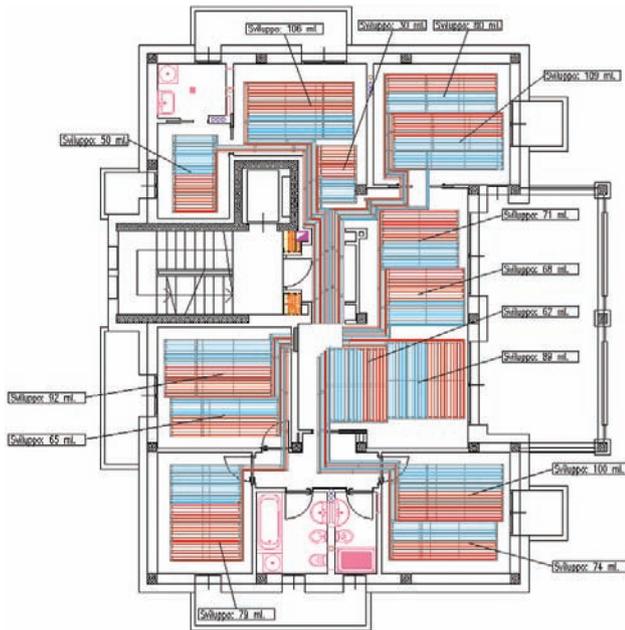
Il sistema si compone dei seguenti strati:

- \_isolante termico realizzato con perlite in lastra appoggiata sul grezzo (12 cm);
- \_prima lastra in legno-cemento da 18 mm per la ripartizione dei canali;
- \_seconda lastra in legno-cemento da 24 mm scanalata per incorporare le tubazioni;
- \_tubazioni in Pex-Alu-Pex 17x2 mm, passo 10 cm;
- \_idoneo collante e piastrelle direttamente incollate nella seconda lastra.



Le prove di laboratorio dei campioni di pre-produzione sono state eseguite da Edilclima S.r.l. valutando tutti gli aspetti tecnici.

La regolazione dei vari circuiti è attuata tramite regolatore PID e valvola a due vie al fine di garantire la massima precisione di regolazione ed il minor assorbimento energetico per la movimentazione e la circolazione del fluido termovettore.



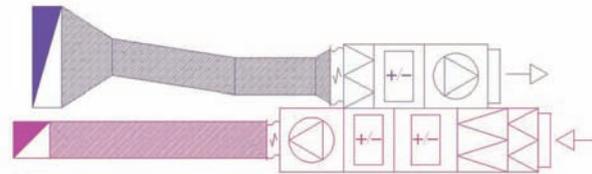
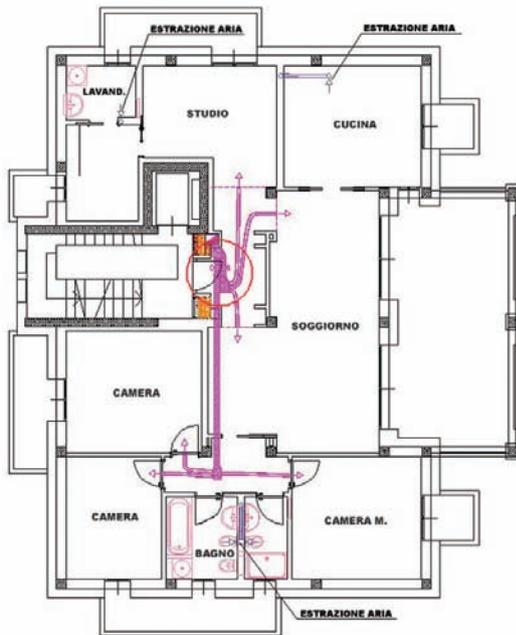
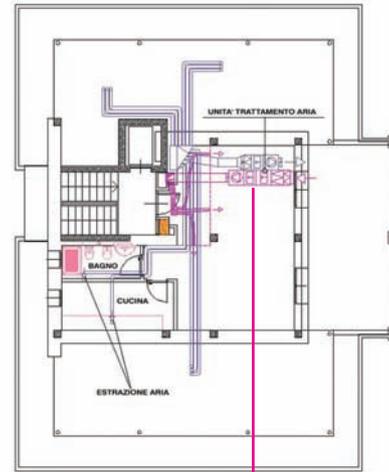
Questo sistema garantisce una limitatissima inerzia termica ed una adeguata distribuzione delle temperature superficiali. Il funzionamento è risultato essere molto simile a quello di una piastra radiante.

## VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

La ventilazione meccanica controllata prevede un impianto a doppio flusso (mandata e ripresa) con unità di trattamento aria dotata di recuperatore di calore.

Le unità di trattamento aria sono del tipo semi-custom, con allestimenti standard per quanto riguarda i telai, i giunti ed i filtri e con allestimento ad hoc per quanto riguarda le batterie, i motori, le cinghie e le pulegge.

In particolare le batterie sono state dimensionate per basse temperature e presentano ranghi e superfici di scambio molto abbondanti, mentre i gruppi motori, cinghie, pulegge, ventilatore sono stati ottimizzati per il funzionamento a velocità variabile tramite inverter per garantire il minor assorbimento possibile di energia.



## PANNELLI SOLARI TERMICI E FOTOVOLTAICI

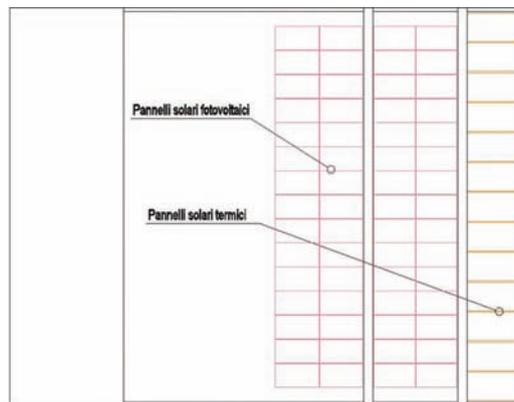
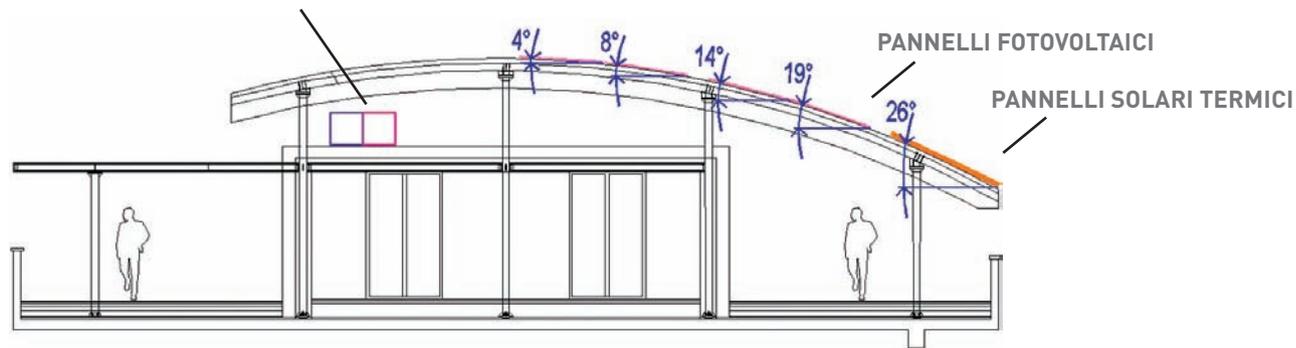
I pannelli solari termici sono stati dimensionati per coprire il 60% del fabbisogno di acqua calda sanitaria.

Al fine di ottimizzare lo sfruttamento dell'energia solare si è ritenuto opportuno dimensionare l'accumulo con un ragionevole margine, riservando una media di circa 500 litri per alloggio.

I pannelli fotovoltaici ed il relativo impianto sono dimensionati per produrre l'energia necessaria per i servizi di riscaldamento, raffrescamento e produzione di acqua calda sanitaria.



UNITÀ TRATTAMENTO ARIA



## / QUANTIFICAZIONE DEI SOVRACCOSTI E DEL RISPARMIO ECONOMICO

### \_SOVRACCOSTI

I sovraccosti connessi alla realizzazione degli edifici presentati in questa relazione vengono quantificati considerando come intervento "di riferimento" edifici analoghi con caratteristiche energetiche conformi alle prescrizioni dello "Stralcio di piano per il riscaldamento ambientale e il condizionamento" della Regione Piemonte (D.C.R. n. 98-1247 dell'11 gennaio 2007) e, per i rendimenti minimi ammessi degli impianti, al D.Lgs. n. 192/2005 e s.m.i.

In sintesi, l'intervento "di riferimento" rispetto al quale si calcolano i sovraccosti è caratterizzato da:

- \_strutture edili con trasmittanza termica conforme alle prescrizioni della normativa vigente;
- \_impianto termico di tipo centralizzato con contabilizzazione del calore comprendente:
  - caldaia a gas metano a condensazione;
  - radiatori a bassa temperatura;
  - reti di distribuzione opportunamente isolate;
  - regolazione capillare per singolo locale con valvole termostatiche a bassa inerzia;
  - pannelli solari termici per la produzione dell'acqua calda sanitaria;.

I costi relativi alle opere influenti sul risparmio energetico (pareti, soffitti, pavimenti e impianti) per l'intervento "di riferimento" sono i seguenti:

- costi edili	€ 281.922,00
- costi impiantistici	€ 109.934,00
TOTALE	€ 391,856,00

L'intervento realizzato prevede invece, come descritto precedentemente:

- \_trasmittanza delle strutture opache dell'involucro edilizio pari a 0,1 W/m<sup>2</sup>K;
- \_trasmittanza dei serramenti inferiore a 1 W/m<sup>2</sup>K;
- \_impianto termico di tipo centralizzato con contabilizzazione del calore comprendente:
  - pompa di calore geotermica con elevato COP;
  - pannelli a pavimento di tipo innovativo (bassa inerzia) dimensionati per alimentazione a bassa temperatura;
  - reti di distribuzione ad elevatissimo isolamento;
  - regolazione modulante PID per singolo locale;
  - pannelli solari termici per produzione acqua calda sanitaria e pannelli fotovoltaici.

I costi relativi alle opere influenti sul risparmio energetico per l'intervento realizzato sono i seguenti:

- costi edili	€ 477.724,00
- costi impiantistici	€ 363.434,00
TOTALE	€ 841.158,00

I sovraccosti sono pertanto pari a 449.302,00 Euro

### \_RISPARMIO ECONOMICO

I risparmi annuali conseguibili, tenendo conto dei costi energetici a settembre 2007 (data di presentazione della domanda di contributo), sono pari a 2.951,00 Euro/anno. Per la determinazione degli utili sono stati considerati i minori costi di consumo per il solo riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria. Rispetto alla soluzione "di riferimento", il progetto fornisce anche il condizionamento estivo, compreso nei costi indicati.

## / EVIDENZIAMENTO DEI BENEFICI ENERGETICO AMBIENTALI

I benefici conseguiti in termini di risparmio energetico sono i seguenti:

DESCRIZIONE	SITUAZIONE DI RIFERIMENTO	SITUAZIONE DI PROGETTO
Energia utile per il riscaldamento	105.949 MJ/anno	31.403 MJ/anno
Rendimento di regolazione	97%	98%
Rendimento di emissione	96%	97%
Rendimento di distribuzione	95%	95%
Rendimento di produzione per riscaldamento	101%	139%
Fattore gestione autonoma	1	1
Rendimento di erogazione ACS	95%	95%
Rendimento di distribuzione ACS	87%	87%
Rendimento di produzione ACS	81%	105%
Rendimento di accumulo ACS	97%	97%
Energia primaria per riscaldamento	106.106 MJ/anno	0 MJ/anno (*)
Energia primaria per ACS	57.903 MJ/anno	0 MJ/anno (*)
Energia primaria totale	164.009 MJ/anno	0 MJ/anno (*)

NOTA (\*). Il risultato tiene conto della produzione di energia elettrica dei pannelli solari fotovoltaici.

In sintesi, quindi:

- \_energia primaria complessivamente risparmiata pari a 164.009 MJ/anno (equivalenti a 3,918 tep/anno);
- \_emissioni di CO<sub>2</sub> evitate pari a 11,40 t/anno.

Gli effetti positivi su altre politiche regionali sono i seguenti:

- \_tutela delle risorse idriche: nell'ambito del progetto è previsto l'impiego di un sistema di accumulo delle acque piovane per uso irriguo e per le cassette dei WC;
- \_tutela della qualità dell'aria: l'edificio risulta avere un consumo nullo di energia primaria ed emissioni zero;
- \_promozione delle migliori tecniche disponibili nel quadro della prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento per garantire la completa assenza di emissioni.

Proponente | **Electro Power Systems S.p.A.**  
Progetto | **Electro Power Systems S.p.A.**

# COGENERAZIONE CON CELLE A COMBUSTIBILE

## / DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento ha previsto la progettazione, la realizzazione e l'installazione di un sistema cogenerativo in grado di produrre fino a 50 kW elettrici e 50 kW termici utilizzando la tecnologia delle celle a combustibile (fuel cell) di tipo PEM (Polymeric Exchange Membrane) alimentate a idrogeno. L'idrogeno è prodotto on-site tramite un processo di steam reforming del gas naturale e utilizzato immediatamente nella cella a combustibile senza essere stoccato.

L'impianto è stato originariamente installato e mostrato funzionante durante le Olimpiadi invernali Torino 2006, nell'ambito dell'evento "HYPARK – giorni di energia all'idrogeno" tenutosi dall'8 al 19 febbraio 2006 a Torino.

Successivamente è stato installato ed è tuttora funzionante, presso la sede operativa di Electro Power Systems ad Alpignano, in provincia di Torino.

L'impianto, il cui schema di flusso è riportato qui di seguito, è asservito all'utenza elettrica e termica della zona uffici e dell'officina della sede.



L'impianto cogenerativo durante l'evento olimpico "Hy Park"

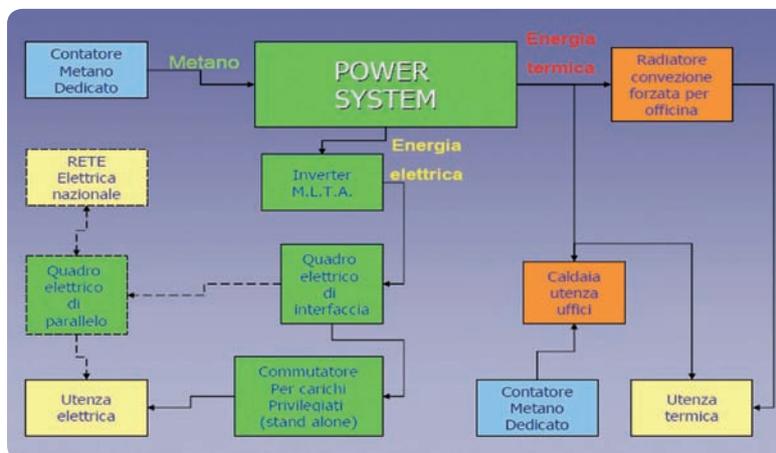


L'impianto cogenerativo installato presso la sede operativa di Electro Power Systems ad Alpignano (TO).

E' presente sia un quadro di interfaccia predisposto alla connessione in parallelo alla rete elettrica nazionale, dotato di dispositivo DV 604, sia un commutatore su quadro di parallelo con utenza necessario al funzionamento stand alone dell'impianto, dedicato alle utenze privilegiate (zona uffici) aventi un carico stimato e misurato su campo pari a circa 20 kW. L'inverter del sistema quindi è in grado di operare sia in parallelo alla rete elettrica che in isola ali-

mentando direttamente i carichi privilegiati. Il sistema prevede anche un radiatore a convezione forzata asservita al riscaldamento dell'ambiente officina, permettendo di sostituire uno dei termoconvettori (aventi potenza termica pari a circa 50 kw) precedentemente installati nei locali, oltre alla tubazione termo-idraulica atta a servire la zona uffici, attraverso tradizionali termosifoni.

#### SCHEMA DI FLUSSO DELL'IMPIANTO



Il progetto ha sviluppato e testato un approccio tecnologico innovativo alla produzione di energia, al fine di determinare una nuova strategia a livello regionale e nazionale nei modelli di produzione ed utilizzo dell'energia, in un contesto di rispetto dell'ambiente, elevata efficienza energetica e maggiore robustezza rispetto ai rischi di black-out.

I "vecchi" modelli centralizzati di produzione/distribuzione dell'energia stanno gradualmente dimostrando la loro inadeguatezza nei confronti di una società che necessita sempre più di energia prodotta in maniera efficiente, affidabile ed ecologica.

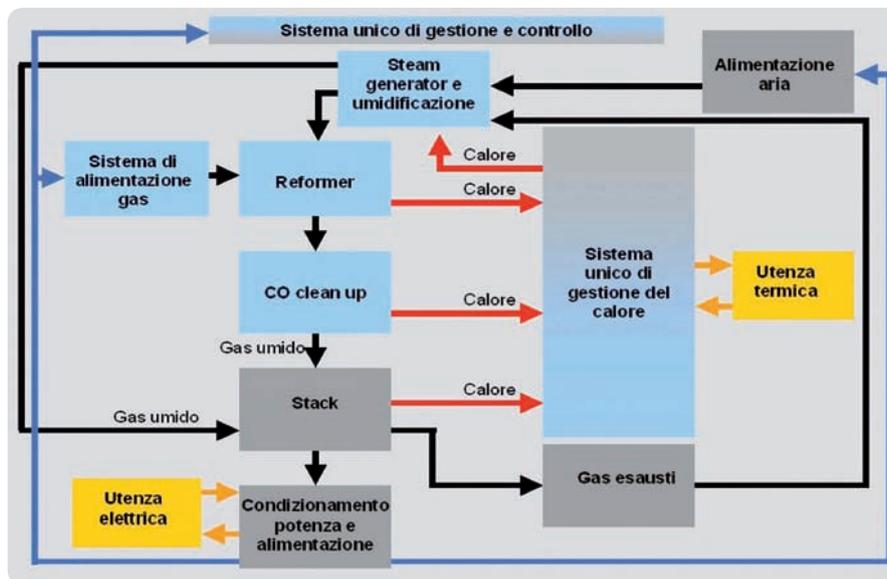
I rischi di black-out e le perdite di energia lungo grandi reti di distribuzione possono essere superati con il modello della generazione distribuita, in cui tutti sono contemporaneamente produttori e consumatori.

Nella generazione distribuita il calore prodotto, invece di essere "smaltito", può essere utilizzato a basso costo aumentando notevolmente l'efficienza energetica.

Il paradigma auspicato è quello di un progressivo "spostamento" verso condizioni in cui tutte le comunità siano in grado non solo di consumare e acquistare, ma anche di produrre l'energia di cui hanno bisogno, rispettando il proprio contesto ambientale.

La descrizione dell'architettura tecnologica nella sua interezza aiuta a comprendere appieno la struttura e le finalità del progetto.

L'impianto è formato dalle seguenti sottosezioni, schematicamente rappresentate dal diagramma seguente:



**1]-Sezione per la produzione di idrogeno, basata sul processo di fuel processing** composta dai seguenti elementi:

\_Reformer, che realizza la conversione da metano a idrogeno tramite ossidazione del metano. Il calore necessario alla reazione è fornito da un bruciatore integrato nel sistema (alimentato con metano e aria), che provvede anche alla generazione di vapore surriscaldato;  
\_CO clean-up, sezione in cui l'idrogeno in uscita dal reformer viene portato ad un grado di purezza ottimale per il successivo utilizzo.

**2]-Sezione per l'utilizzo di idrogeno, basata su stack di celle a combustibile di tipo PEM**

in grado di fornire energia elettrica in corrente continua e calore, a fronte di un afflusso di idrogeno e aria. Il flusso ricco di idrogeno generato dal fuel processor viene alimentato agli stack di fuel cell dove reagisce elettrochimicamente con l'aria per produrre energia elettrica e calore. Si è scelto di lavorare con stack di fuel cell a tecnologia PEM, sia per aspetti relativi alla loro maturità tecnologica sia per la loro temperatura di lavoro (60°C-70°C), idonea alla cogenerazione.

**3]-Sezione di Condizionamento della potenza elettrica generata.**

L'energia elettrica erogata dalla fuel cell è in corrente continua e con tensione variabile con il carico. Un sistema di condizionamento della potenza mediante inverter è indispensabile perché il fuel cell power system sia direttamente utilizzabile dall'utente erogante energia elettrica in corrente alternata alle condizioni normalizzate (220 V 50 Hz in Europa, 110 V 60 Hz in Nord America).

**4]-Sezione di Gestione della potenza termica generata.**

La potenza termica prodotta dal sistema, la cui aliquota principale è dovuta alle fuel cell, è ceduta all'esterno del sistema attraverso uno scambiatore liquido-liquido, ad una temperatura di 50-55 °C. Il sistema è collegato con l'utenza attraverso una tubazione termo-idraulica atta a servire l'ambiente officina, attraverso un radiatore a convezione forzata, e la zona uffici, attraverso tradizionali termosifoni.

**5]-Sistema di controllo**

Il processo (sia nella parte termica sia nella parte elettrica) necessita di essere monitorato e mantenuto in condizioni di stabilità attraverso la gestione degli input (controllo regolativo), oltre che di essere gestito per adattarsi per quanto possibile alle richieste delle utenze (controllo servo-meccanismo). Inoltre deve essere monitorato nei suoi punti di maggiore criticità allo scopo di individuare mal-funzionamenti e avviare in automatico procedure per la messa in sicurezza (interlock). Questi compiti sono assolti dall'elettronica di acquisizione e controllo, che è costituita da sistemi di input, di processazione dell'informazione e di output sul processo. Il sistema di controllo centralizzato acquisisce più di 600 segnali dal sistema (principalmente dati di tensione e corrente erogate dalle fuel cell e di temperatura e pressione dei fluidi coinvolti).



L'elemento di innovatività del progetto è dato anzitutto dall'integrazione, per la prima volta in Italia e fra le prime al mondo, di tecnologie di frontiera per realizzare un impianto cogenerativo basato su tecnologie a idrogeno, ma senza la necessità di stoccare l'idrogeno stesso.



L'estrazione dell'idrogeno dal gas naturale, tramite un processo di steam reforming, è un processo a basso impatto ambientale che elimina tutta una serie di problematiche relative all'approvvigionamento e all'immagazzinamento dell'idrogeno da utilizzare nelle celle a combustibile. Tale progetto è stato pensato non tanto come punto di arrivo, ma anche come base di partenza per avviare nel futuro prossimo importanti attività di ricerca sui sistemi energetici cogenerativi a idrogeno, con ricadute sul sistema scientifico ed economico piemontese.

## / QUADRO ENERGETICO, RAFFRONTO CON LA SITUAZIONE PREESISTENTE E VANTAGGI AMBIENTALI

L'impianto è stato installato presso la sede di Electro Power Systems insediata all'interno dello stabilimento "COMEC2" della ditta COMEC. Il sistema di condizionamento della potenza è collegato alla rete elettrica di COMEC2 e contribuisce all'alimentazione delle utenze elettriche privilegiate (zona uffici) aventi un carico stimato e misurato su campo pari a circa 20 kW. L'impianto viene normalmente esercito in modo da mantenere una produzione costante di energia elettrica. Durante le ore di funzionamento a regime l'impianto ha fornito costantemente 30 kW elettrici ( $V_n=400$  V; 3F;  $I=43,3$  A;  $f=50$  Hz).

L'impianto viene esercito nella seguente modalità:

- \_ 3 ore al giorno per 2 giorni alla settimana di accensione;
- \_ 3 giorni alla settimana di analisi dei dati;
- \_ Consumo nominale di metano: 20 m<sup>3</sup>/h;
- \_ Carico al 60%;
- \_ Consumo effettivo di metano al 60% : 13 m<sup>3</sup>/h;
- \_ Start up improduttivo giornaliero:
  - circa 90' con consumo al 40 %;
- \_ Idrogeno prodotto : 25 m<sup>3</sup>/h;
- \_ Concentrazione : 65%;
- \_ Energia elettrica giornaliera prodotta: 90 kWh;
- \_ Energia termica giornaliera prodotta: 90 kWh.

Le emissioni del power system riguardano unicamente il bruciatore integrato nel sistema, dal momento che il flusso ricco di idrogeno in uscita dal fuel processor è convogliato agli stack di fuel cell e l'esauisto anodico è convogliato nel bruciatore.

Le emissioni del bruciatore non sono direttamente monitorate ma controllate attraverso il controllo del valore di temperatura interna del bruciatore. I test effettuati sul solo bruciatore durante il set-up dell'impianto avevano fornito i seguenti dati: CO 1 ppm; NO<sub>x</sub> 3 ppm; CH<sub>4</sub> 7 ppm.

Il sistema di cogenerazione proposto permette di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub>, in quanto, grazie alla migliore efficienza dell'impianto, si utilizza una minore quantità di energia primaria.

L'impianto ha poi il grosso vantaggio di non dare luogo a percepibili emissioni né di NO<sub>x</sub> né di SO<sub>x</sub>. Visto che l'impianto è basato su processi di tipo catalitico che mantengono le temperature di lavoro entro valori sufficientemente bassi, si può escludere la formazione di NO<sub>x</sub>.

Per quel che riguarda gli SO<sub>x</sub>, invece, viene rimossa in partenza la sorgente degli stessi, dal momento che l'impianto è fornito di una trappola che elimina i componenti dello zolfo presenti nel metano a monte di tutto il sistema.

L'installazione dell'impianto proposto permette di ridurre la richiesta di energia elettrica dalla rete e grazie all'energia termica cogenerata, impiegata per soddisfare il normale fabbisogno di acqua calda, consente di ridurre l'afflusso di metano alla caldaia tradizionale.

Nelle modalità in cui è esercito l'impianto, a fronte di un consumo di metano di 4851,36 m<sup>3</sup>/anno, consente un risparmio di 6.240 kWh non assorbiti dalla rete elettrica.

E' quindi possibile stimare la riduzione di CO<sub>2</sub> emessa con l'introduzione di questo impianto.

Considerando il fattore di emissione di energia elettrica da rete di 0.575 kg/kWh, il carico non assorbito dalla rete corrisponde ad una riduzione di emissioni di CO<sub>2</sub> pari a circa 3,6 t/anno.

Il vantaggio ottenuto si assesta su valori quantitativi contenuti a causa del pesante carattere innovativo dell'impianto che ne condiziona le modalità di esercizio.

La possibile replicabilità dell'intervento in effetti era stata da subito evidenziata come elemento da valutare a valle della raccolta di dati sul funzionamento a regime dell'impianto dimostrativo.

## **/ SOVRACCOSTI SOSTENUTI E VANTAGGI GESTIONALI CONSEGUITI**

Il carattere fortemente innovativo dell'impianto esercito si è concretizzato in questi primi anni di dimostrazione con aspetti sia più positivi che meno positivi rispetto alle previsioni iniziali.

Fortemente positiva è la cospicua raccolta di dati di funzionamento e il know-how acquisito su questa tecnologia che Electro Power Systems ha e continua ad acquisire. Trattandosi tra l'altro di un sistema fortemente complesso ed integrato l'esperienza fatta abbraccia vari settori disciplinari: chimico, fisico, elettrico, meccanico ed elettronico, che rappresentano un patrimonio unico di esperienze e conoscenze.

Allo stesso tempo è doveroso segnalare come la corretta manutenzione dell'impianto si sia rivelata più onerosa del previsto a causa di alcune criticità emerse, di natura chimica e meccanica, che hanno richiesto interventi di manutenzione straordinaria. Tutto ciò comporta un incremento del tempo di ritorno dell'investimento sostenuto che sarà possibile quantificare in modo preciso solo al termine della dimostrazione in atto.

Proponente | **Grandaclima S.r.l**  
Progetto | **Studio Roatta Architetti Associati**

# NUOVO EDIFICIO INDUSTRIALE AD ALTA EFFICIENZA ENERGETICA

## / UBICAZIONE E CONTESTO DEL SITO

Nell'area artigianale di Villanova Mondovì, in provincia di Cuneo, è stata realizzata una palazzina adibita ad uffici come testata di un capannone in c.a. prefabbricato, già esistente. La committenza del progetto punta la propria politica di vendita su una forte attività di corsi di formazione e incontri per la presentazione dei prodotti rivolti agli installatori; a questo scopo nell'edificio è stata predisposta un'ampia sala conferenze.

Gli installatori finali sono, nell'ambito dell'edilizia privata, un grande veicolo di informazione nel settore energetico. La superficie utile lorda è pari a 412 m<sup>2</sup> e il volume lordo è di 1.971,5 m<sup>3</sup>.

Si tratta di un intervento importante come capacità dimostrativa per le ricadute immediate sugli operatori del settore che frequentano l'edificio, che possono verificare sul posto l'efficacia, in termini economici, di comfort e di sostenibilità ambientale, di un sistema edificio-impianto progettato e controllato sul piano energetico.



A tale fine, disposte sulla copertura, le macchine dell'impianto sono state rese agevolmente visitabili con un'apposita rampa di scale e area coperta.

L'intervento è poi rilevante in un senso più ampio per quel che riguarda la qualità sperimentale delle soluzioni impiantistiche e la gestione in esercizio dell'edificio: i titolari realizzano un attento monitoraggio del funzionamento del sistema e delle sue prestazioni: i dati sono conferiti dalle varie sonde dell'impianto al sistema di monitoraggio centralizzato residente su personal computer.

Questo ha una rilevante importanza scientifica per la carenza di dati disponibili sui fabbisogni energetici del terziario in generale e in particolare per il fabbisogno energetico per il raffrescamento.

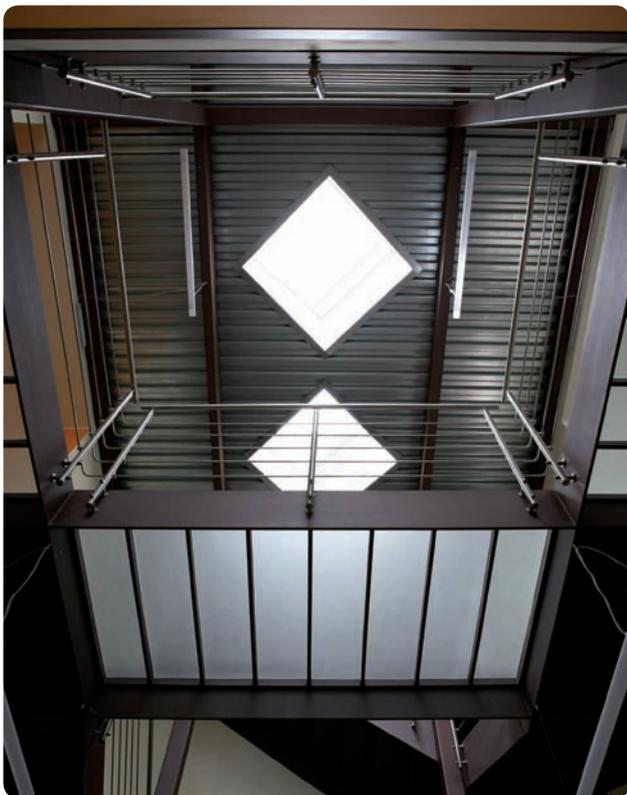
Ha inoltre il compito di fornire e registrare i dati riguardanti il funzionamento delle pompe di calore – refrigeratori e dei recuperatori di calore in parallelo alle condizioni climatiche in cui operano.

## / IL PROGETTO

L'edificio si dispone in adiacenza al capannone esistente secondo la stessa griglia ortogonale; qui il piano regolatore impone la tipologia "a parallelepipedo" vietando cambiamenti dell'orientamento delle facciate e la realizzazione di sporti ed aggetti: in pratica ciò impedisce di realizzare la forma migliore per l'efficienza passiva solare.

Il volume sorge su una platea esistente tramite una semplice struttura verticale in opera e solai preabbricati; il vano che ospita la struttura della scala in acciaio a vista ha in copertura un solaio in acciaio supportato dalla struttura stessa.





La disposizione razionale degli uffici all'interno vede l'innesto di una ampia scala contenuta in un vano a doppia altezza con lucernai su cui affaccia, a balcone, la zona relax. Per ragioni di comfort, piacevolezza e utilizzo della luce naturale negli ambienti l'altezza interna è di 3,3 m.

I prospetti principali hanno un'esposizione Sud-Est e Sud Ovest, molto problematica dal punto di vista del controllo dell'irraggiamento diretto sui locali di lavoro.

Lo studio delle parti finestrate e delle schermature è piuttosto evoluto e tiene conto degli aspetti energetici legati al guadagno passivo per irraggiamento (invernale) e alla protezione dall'irraggiamento (estivo) contemporaneamente alla considerazione degli aspetti legati all'illuminazione naturale.

Si disegna perciò secondo un criterio di separazione fra le funzioni di "veduta" e di "illuminazione": la veduta è ottenuta mediante una buona distribuzione di piccole finestre rettangolari in legno che permettono di volgere lo sguardo all'esterno; l'illuminazione naturale si ottiene tramite la finestratura continua a nastro, senza telaio, disposta a filo soffitto interno. Tale finestratura, essendo realizzata con un vetrocamera acidato in faccia 3, evita l'accesso diretto dei raggi solari diffondendoli dall'alto senza produrre abbagliamento agli occhi e produce l'ambiente ottimale per il lavoro al PC senza riverbero sui monitor.

Opportune schermature esterne ne controllano stagionalmente l'intensità. L'innesto sul perimetro di un pergolato su cui è previsto che si sviluppi la crescita di un rampicante a foglie caducee trasmetterà un senso di inserimento ambientale (ci troviamo ai limiti dell'area industriale verso l'area agricola) oltre ad avere una funzione di schermatura dai raggi solari nella sola stagione estiva.

All'esterno il rivestimento a cappotto ospita l'inserimento delle schermature solari orientate in lamiera d'acciaio ad ossidazione naturale. Le unità motocondensanti esterne e l'unità di trattamento d'aria sono installate sulla copertura, e rese accessibili e visitabili a scopo dimostrativo tramite un'apposita rampa di scale dalla distribuzione centrale; questo spazio è architettonicamente legato al corpo dell'edificio tramite lo stesso sistema di schermatura utilizzato sul fronte.





### / ASPETTI TECNICI

L'involucro si propone con buoni livelli di isolamento termico (inusuale in un edificio artigianale-commerciale); la coibentazione è realizzata "a cappotto" fino al livello della platea esistente, riveste interamente la parte muraria e strutturale eliminando i ponti termici su tutte le pareti; riveste poi il muretto di coronamento e la copertura piana. Su tutte le superfici finestrate sono apposte ombreggiature esterne fisse, sia orizzontali che verticali, per ottimizzare l'afflusso di luce, l'apporto energetico invernale e l'ombreggiamento estivo.



La stessa operazione è stata fatta per i lucernai in copertura. Il sistema edificio-impianto presenta soluzioni aggiornate alle attuali possibilità dell'impiantistica e dell'edilizia in ambito energetico.

L'ottenimento di un bassissimo fabbisogno per il riscaldamento e raffrescamento fa sì che il contributo alla climatizzazione da parte degli impianti possa avvenire con piccole "forniture" di calorie e frigoriche; si consideri inoltre come l'isolamento "a cappotto" porti tutta la massa muraria dell'edificio a condizionare in termini di inerzia termica il comportamento climatico; infine la combinazione del pavimento radiante con il sistema di ricambio e trattamento aria, entrambi con portate termiche contenute, porta ad ottenere alti livelli di comfort climatico e ambientale.



## / REPLICABILITÀ

Si tratta di una comune palazzina di uffici a due piani posta come testata di un capannone: una tipologia molto frequente nelle zone industriali non solo nostrane.

La tipologia di insediamento è dunque molto diffusa e definisce una replicabilità massima dal punto di vista urbanistico; dal punto di vista tecnologico la costruzione non presenta difficoltà in termini di cantierabilità o di costi che ne pregiudichino l'appetibilità.

Come si può intuire, la forma architettonica dell'edificio non deve necessariamente essere replicata, ma l'approccio progettuale e le tecnologie adottate sono immediatamente applicabili ad un gran numero di edifici a destinazione terziaria.

## / DATI TECNICI RELATIVI AGLI IMPIANTI

### Inverno:

esterna -10°C; ambiente 20°C

### Estate :

esterna 30°C; 50%U.R. ; ambiente 26°C

### Potenza frigorifera installata:

15,5 kW (solo impianto a tutt'aria)

### Potenza termica installata:

18 kW idronico (+7°C esterni)

### Potenza elettrica installata:

5,1 kW + 5,1 kW (quasi mai contemporaneamente) + 0,6 kW dell'unità canalizzata (PEFY) + 0,18 kW del circolatore (solo d'inverno) + 0,4 kW del recuperatore (sempre)

### Portata d'aria totale:

2.400 m<sup>3</sup>/h circa

### Portata d'aria esterna:

800 m<sup>3</sup>/h circa



Unità refrigerazione



## DATI TECNICI

### **SUL**

Superficie utile lorda 412 m<sup>2</sup>

### **Volume**

Volume lordo 1.971,5 m<sup>3</sup>

### **Fabbisogno energia utile**

38,2 kWh/m<sup>2</sup> – 7,75 kWh/m<sup>3</sup> (per riscaldamento)

33,2 kWh/m<sup>2</sup> – 6,73 kWh/m<sup>3</sup> (per raffrescamento)

### **Fabbisogno energia primaria**

24,962 kWh/m<sup>2</sup> – 5,06 kWh/m<sup>3</sup> (per riscaldamento)

28,3 kWh/m<sup>2</sup> – 5,73 kWh/m<sup>3</sup> (per raffrescamento)

### **Totale consumo**

26,89 kWh/m<sup>2</sup> anno

### **Vantaggio energetico annuo**

CO risparmiata: t 10,19

energia risparmiata: tep 3,57

Proponente | **Gianluca Mattalia**  
Progetto | **Studio Roatta Architetti Associati**

# RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DI EDIFICIO RURALE ESISTENTE

## / TIPOLOGIA DI EDIFICIO E SUA DESTINAZIONE D'USO

Ristrutturazione di edificio rurale per residenza unifamiliare realizzato nel Comune di Castelletto Stura (Cuneo), si sviluppa su due piani fuori terra per una superficie calpestabile pari a 250 m<sup>2</sup> ed un volume lordo di 1.070 m<sup>3</sup>.

L'immobile si trova ai margini del tessuto storico di Castelletto Stura, all'ingresso del paese dal lato Sud Est e affacciato sullo storico Canale Maestro di Bene.

Si tratta di un edificio a manica semplice, con l'affaccio principale a Sud Est, sulla corte di proprietà; ha la tipica struttura di cascina con un corpo "civile" a due piani e, verso ovest, stalla e fienile sovrapposto.

Tecnologia tradizionale a muratura mista portante e copertura in coppi su struttura in legno; vi si trovano una cantina interrata, cinque vani voltati a piano terreno, tre vani a primo piano e sottotetto non praticabile; fienile aperto a piano primo.



L'edificio prima della ristrutturazione

## / IL PROGETTO

Due gli obiettivi prioritari del progetto di ristrutturazione per un uso interamente abitativo:

- \_il raggiungimento di alti livelli di comfort e di risparmio energetico con un miglioramento della distribuzione interna e del rapporto con l'irraggiamento naturale
- \_la realizzazione dell'intervento con l'attenzione alla conservazione dell'aspetto dell'edificio nei suoi caratteri tipologici tradizionali.

L'approccio energetico è di radicale miglioramento dell'esistente. Lo schema tradizionale di parte civile e parte rustica con portico sotto un'unica falda è conservato, ma si provvede alla disposizione di forti isolamenti in copertura e a parete. Il lato sul canale dell'edificio originale ha la migliore esposizione al sole: si realizzano perciò due profonde incisioni nella muratura dove trovano posto grandi vetrate con ombreggiamento mobile utili alla veduta e al guadagno solare passivo. Per quanto riguarda la parte civile dell'edificio viene mantenuto il tipo di copertura in coppi su struttura in legno, senza inserire abbaini o lucernai sulle falde di tetto in vista. La dimensione e le proporzioni di finestre e porte finestre non vengono cambiate, mantenendo l'aspetto caratteristico della superficie muraria "di massa" bucata da piccole aperture.

Il balcone esistente in c.a. viene sostituito con un ballatoio in legno, il rivestimento a cappotto del muro viene finito ad intonaco e tinteggiato.

L'impegno in fase esecutiva è premiato dal risultato formale, ad esempio per quanto riguarda gli sporti della copertura in coppi: questi si protendono all'esterno con la giusta misura, sottili e leggeri come quelli dell'originale copertura non coibentata.



Il forte spessore della massiccia struttura interna e della coibentazione non viene rivelato all'esterno pur garantendo la continuità con l'isolamento in parete e l'eliminazione del ponte termico.

La parte stalla-fienile ha lo stesso trattamento per quanto riguarda le murature; una larga finestra al piano primo chiude il vano del fienile sotto il portico rispettando il ritmo della pilastrata.



La grande falda che copre il portico viene conservata senza alterazioni fino alla grande pila d'angolo, con l'eliminazione del pilastro in c.a. aggiunto a sostegno della trave in legno. L'approccio "solare" del progetto è invece più evidente sul lato Sud-SudOvest dove la muratura viene incisa da profondi tagli verticali per dare luce ai locali con il massimo sfruttamento dell'irraggiamento solare invernale.



Lo stesso irraggiamento viene controllato nel periodo estivo grazie alla disposizione di una leggera struttura a lamelle frangisole in acciaio grezzo con ossidazione passivante. L'obiettivo è infatti di contenere i consumi anche nel periodo estivo riducendo drasticamente la necessità di un raffrescamento interno.

Queste aperture risultano inserite nella muratura in maniera analoga ai tamponamenti leggeri, frequentemente presenti nell'edilizia rurale locale e presenti anche nel fabbricato a portico antistante l'edificio stesso: i fronti dei due corpi affacciati sul canale sono così omogenei per struttura e forma.

L'interno viene riabitato conservando l'aspetto massiccio di forti muri e volte a botte e riproponendo la copertura in legno massiccio non trattato.



La cura dei particolari all'esterno e all'interno nasconde le alte prestazioni dell'involucro lasciando inalterato il caratteristico aspetto "rustico" e l'inserimento ambientale dell'edificio. Il basso fabbricato lungo canale viene trasformato per un uso locale tecnico e locale estivo - serra; ospita in parete i pannelli solari del tipo sottovuoto disposti con fortissima inclinazione in modo da massimizzare il rendimento invernale.

## / ASPETTI TECNICI

Il progetto prevede la disposizione di un isolamento a cappotto, all'esterno dell'involucro, con uno spessore di isolamento di 10 cm in polistirolo estruso sotto pavimento, 10 cm di isolante sulle pareti, 18 cm in fibra di legno nella copertura. La massa muraria di forte spessore si trova così all'interno di un guscio termicamente isolato attribuendo al sistema edificio una grande inerzia termica.

Nel periodo invernale le grandi vetrate dal lato Sud permettono l'accumulo dell'irraggiamento solare all'interno senza sbalzi termici. I componenti finestrati (quelli esistenti vengono interamente sostituiti) hanno un valore di trasmittanza basso, sia per il telaio che per le specchiature. E' necessario limitare le perdite di calore per ventilazione. Si costruisce l'involucro edilizio in modo traspirante ma con una buona tenuta all'aria; l'aria di ventilazione viene estratta dai bagni e dalle cucine per essere ricambiata con aria esterna. L'aria esterna percorre un condotto interrato di preriscaldamento per trenta metri, quindi entra in uno scambiatore di calore ad altissima efficienza.



La fornitura di calore invernale viene fornita per irraggiamento da impianti radianti a muro e a pavimento con altissima efficienza grazie all'isolamento perimetrale.

Il serbatoio consente un elevato gradiente termico interno che aumenta sensibilmente il rendimento del calore con-

tenuto: l'impianto solare si giova di un ingresso di acqua più fredda, la pompa di calore altrettanto.

La produzione di acqua calda sanitaria trae un forte contributo dall'installazione di 5 m<sup>2</sup> di pannello solare termico sottovuoto che limitano idealmente a 0 gli interventi della pompa di calore in estate. La pompa di calore, dimensionata sul massimo fabbisogno di potenza dell'edificio ha limiti di funzionamento a -18°C, rendimenti elevatissimi a basse temperature (COP 2.54 tA=-15°C tW=45°C).



## \_DATI TECNICI

### SUL

Superficie utile lorda 291,2 m<sup>2</sup>

### Volume

Volume lordo 1.070 m<sup>3</sup>

### Fabbisogno energia utile

24.117 MJ/anno 27,44 kWh/ m<sup>2</sup>anno

### Fabbisogno energia primaria

21.627 MJ di cui 21.085 MJ per il riscaldamento e 542 MJ per ACS

### Vantaggio energetico annuo

CO risparmiata: t 11,32

Energia risparmiata: tep 3,85

Proponente | **Aurelio Merlo**  
Progetto | **Ing. Claudio Adorno**

# IMPIANTO A BIOGAS ALIMENTATO CON REFLUI ZOOTECNICI

## / TIPOLOGIA DI IMPIANTO E SUA DESTINAZIONE D'USO

L'impianto a biogas per la produzione di energia elettrica e termica realizzato è alimentato con reflui zootecnici: si tratta soprattutto di liquame e letame bovino provenienti dall'allevamento di un'azienda agrituristica sita nel comune di Monastero Bormida, in provincia di Asti.

Il biogas prodotto nell'impianto viene usato per produrre energia elettrica, indotta nella rete pubblica, ed energia termica, usata per il teleriscaldamento, mediante un sistema di cogenerazione.

Il substrato (liquido) che esce dall'impianto possiede ottime caratteristiche di fertilizzante; inoltre dopo la degradazione biochimica si riscontra una notevole diminuzione dei cattivi odori, in quanto vengono degradati i polifenoli e gli acidi grassi che li generano.



Locale per il collocamento della sala cogeneratore e sala controllo

## / INPUT DEI SUBSTRATI

### INPUT DELLE SOSTANZE NON PALABILI (LIQUAME)

I mezzi provenienti dalle diverse stalle trasportano il liquame che viene scaricato nella prevasca attraverso delle condutture forzate. Il liquame viene raccolto nella prevasca e da lì pompato automaticamente ai fermentatori.

Il volume della prevasca è stato scelto in modo tale da assicurare un'immissione continua ed equilibrata di materiale nel fermentatore.

### INPUT DELLE SOSTANZE PALABILI

Questi residui vengono di solito buttati direttamente nella tramoggia. La tramoggia, in acciaio, è composta da un impianto di dosaggio munito di un apparecchio di fresatura collocato all'apertura. I cofermenti solidi vengono rovesciati nell'impianto di dosaggio e trasportati automaticamente alla fresatura cilindrica tramite raschiatori.

La fresatura cilindrica rimpicciolisce e alleggerisce i solidi e li immette su un nastro trasportatore munito di bilancia. Questo nastro trasporta i solidi fino a un imbuto di una coclea laterale. Per evitare la fuoriuscita di odori e di biogas la coclea si immerge nel liquido del fermentatore.



Pre-vasca per la raccolta del refluo

### DISTRIBUZIONE DEL LIQUIDO

Nel fermentatore si svolgono i processi di decomposizione biochimica. Vari gruppi di batteri decompongono il materiale organico e producono biogas. Il fermentatore viene mantenuto a temperatura costante dai sistemi di riscaldamento e la biomassa comincia a decomporsi, tramite la fermentazione, dopo alcuni giorni. La biomassa organica si descompone e affonda. Il materiale non fermentato invece rimane in superficie. Con l'aggiunta giornaliera di nuovo substrato si aziona una pompa che trasporta parte del materiale già fermentato nella vasca di stoccaggio finale attraverso un condotto in acciaio legato (DN 150).

### IL FERMENTATORE IN CEMENTO ARMATO

Il fermentatore è costruito in cemento armato monolitico con un diametro di 10,00 m ed un'altezza totale di 6,00 m. I muri sono in calcestruzzo armato e come copertura della vasca abbiamo una soletta in c.a..

Il fermentatore raggiunge una profondità di 3,00 m dal livello del suolo. Essa dipende dalla composizione e dall'aspetto stesso del terreno.



Fermentatore coperto per la fermentazione del substrato, con rispettivo riscaldamento (contenitore in cemento armato)

### **\_\_RISCALDAMENTO DEI FERMENTATORI**

Sulle pareti vengono fissate delle serpentine di riscaldamento (V4A, DN 100) per garantire il raggiungimento della temperatura di processo di 55°C. Il fermentatore è munito di 3 anelli di riscaldamento. Il calore del cogeneratore viene sfruttato come fonte di energia termica. Per contenere il calore il fermentatore è isolato da uno strato di polistirene espanso estruso.

### **\_\_SISTEMA DI MISCELAZIONE**

Per evitare una sedimentazione troppo rapida e unilaterale nei fermentatori si installa un agitatore d'immersione. Gli agitatori si possono regolare sia in posizione orizzontale che in verticale. In questo modo si è in grado di miscelare tutto il contenuto dei fermentatori e di prevenire la creazione di strati immersi o galleggianti.

### **\_\_VASCA DI STOCCAGGIO FINALE**

Dopo il tempo di sosta il substrato fermentato viene pompato automaticamente nella vasca di stoccaggio finale. La vasca di stoccaggio finale è munita di una copertura a telo con stoccaggio di biogas integrato ed è collegata alla condotta del biogas.

In questo modo il biogas formatosi nei recipienti può essere raccolto e sfruttato dal cogeneratore. Inoltre questa vasca di stoccaggio è munita di un agitatore ad immersione. La sicurezza dei contenitori in calcestruzzo è garantita dai seguenti fattori:

- \_le pareti interne sono coperte da un rivestimento a base di resine epossidiche non modificate e senza solventi che proteggono il calcestruzzo dal biogas;
- \_la vasca è munita di un tetto a telo a tenuta ermetica di biogas. Questa è attaccata alla parete con delle morsettiere in acciaio legato.



Vasca di stoccaggio finale

### **\_\_ACQUA DI CONDENZA**

Nelle condutture del gas si forma condensa a causa del raffreddamento del biogas.

Tramite il separatore esso scorre in una fossa, dalla quale viene riportata nell'imbuto della coclea sui fermentatori, cioè nel sistema di fermentazione.

Il separatore di condensa è un sifone composto di curve in acciaio. La condensa del biogas riempie il sifone.

Durante la messa in funzione dell'impianto il sifone viene riempito d'acqua.

### TRATTAMENTO DEL GAS (DESOLFORAZIONE)

La desolfurazione del biogas avviene tramite l'adduzione controllata d'ossigeno al fermentatore.

L'attività di batteri solfurei (Sulfobakter Oxydans) trasforma l'acido solfidrico e l'ossigeno contenuto nell'aria in zolfo e acqua. Lo zolfo si separa dal biogas sotto forma di uno strato giallastro e viene asportato assieme al liquido fermentato. Questo può essere sfruttato come fertilizzante per le piante.

### COGENERATORE CON RECUPERO DI CALORE E RADIATORI

Il cogeneratore viene alimentato dal biogas prodotto nel fermentatore e nella vasca di stoccaggio finale.

L'energia elettrica è prodotta da un generatore sincrono a corrente trifase di potenza pari a 50 kWe. L'energia termica prodotta nel motore dalla combustione del biogas viene usata per il riscaldamento dei fermentatori.



Cogeneratore da 50 kW.

Il limite di emissione di  $\text{NO}_x$  (valori medi orari) di ossido di azoto è di  $60 \text{ mg/ Nm}^3$  riferita ad un tenore di ossigeno nell'effluente gassoso secco pari al 5% in volume.

Le modalità di esercizio del generatore saranno tali da garantire che il valore, su base annua, del parametro LT, così come definito dall'Autorità per l'Energia Elettrica ed il gas con deliberazione n° 42/02 del 19 Marzo 2002, rispetti la seguente condizione:  $\text{LT} > 0,4$

Il cogeneratore si trova in un'apposita sala.

Le porte di questa sala sono refrattarie, del tipo T90.

La stanza è accessibile tramite un portone di trasporto ed è dotata di un'apertura per l'aerazione.

L'aerazione nei locali del cogeneratore viene garantita da condutture collocate sopra il motore. Ha un'apertura sia per l'aria di alimentazione sia per quella d'emissione.

### PORTATA, CO-FERMENTI, TEMPI DI SERVIZIO PORTATA E CO-FERMENTI

L'impianto di biogas è impostato per le seguenti portate:

- \_vengono lavorate solo sostanze che non ricadono nella delibera sui fanghi di depurazione;
- \_vengono lavorate solo sostanze che non hanno bisogno di essere igienizzate;
- \_lo spandimento viene effettuato solo su aree di proprietà dell'Azienda o in affitto alla stessa.

Ne deriva la quantità di materiale che può essere lavorato:

<b>Descrizione materiale EWC - Code</b>	<b>Quantità max.</b>
Letame bovino	Ca. 3 t/g
Liquame bovino	Ca. 4,7 t/g
Liquido bovino	Ca. 1,8 t/g
Letame suino	Ca. 0,4 t/g
Liquame suino	Ca. 0,65 t/g
Liquido suino	Ca. 0,3 t/g
Letame equino	Ca. 0,9 t/g
Liquame equino	Ca. 1,45 t/g
Liquido equino	Ca. 0,7 t/g

Proponente | **Monchiero & C. S.n.c**  
Progetto | **Studio Roatta Architetti Associati**

# NUOVO EDIFICIO INDUSTRIALE AD ALTA EFFICIENZA ENERGETICA

## / TIPOLOGIA DI EDIFICIO E SUA DESTINAZIONE D'USO

Edificio commerciale composto da area produttiva-magazzino e area uffici-esposizione realizzato in un'area industriale di nuovo insediamento nei pressi di Bra, frazione Pollenzo, in provincia di Cuneo.

La superficie utile lorda è pari a 3.440 m<sup>2</sup> e il volume lordo è di 24.174 m<sup>3</sup>.

Su questo edificio il Politecnico di Torino realizza, nel corso del 2009, in collaborazione con lo Studio Roatta, uno studio di LCA (Life Cycle Assessment) relativo al ciclo di vita dell'edificio, dall'approvvigionamento dei materiali da costruzione, alla fase del cantiere, alla fase d'uso, alla demolizione e smaltimento. I risultati di questo studio, incrociati con il monitoraggio dei consumi reali, forniranno un fondamentale contributo agli studi sull'efficienza energetica e sull'impatto ambientale degli interventi edilizi e produttivi in genere.



## / IL PROGETTO

Il progetto riguarda la realizzazione del corpo uffici e l'ottimizzazione energetica dei locali destinati alla produzione. Il processo di ottimizzazione energetica propone un complesso di soluzioni sulle stratigrafie dell'involucro, sulla qualità dei serramenti e sul rapporto con il suolo.

L'orientamento delle linee principali dell'edificio è di per sé indifferente all'esposizione solare, si sono proposte, pertanto, ove possibile, variazioni volumetriche per migliorare l'orientamento delle vetrate rispetto al percorso solare concentrando l'attenzione sulla sagoma della testata di uffici, dove più evidente si fa la variazione sull'involucro. Si è resa energeticamente efficiente prima di tutto la costruzione, che deve funzionare bene "da sé", cioè senza interventi manuali quotidiani o sistemi automatizzati: per questo gli ombreggiamenti delle vetrate sono fissi, calibrati sull'esposizione solare nelle diverse stagioni dell'anno e le vetrate orientate correttamente, l'isolamento delle pareti è realizzato "a cappotto" e la copertura ventilata.



La soluzione del cappotto, che mantiene l'intera massa muraria all'interno del locale, migliora l'inerzia termica dei locali. Nella parte produttiva si realizza infatti un free-cooling di aria non trattata, capace nella stagione estiva di raffrescare il capannone durante la notte, grazie all'inerzia termica la temperatura si mantiene contenuta nel corso della giornata lavorativa.

La progettazione avviene in modo integrato con la scelta delle modalità di distribuzione del calore e del ricambio aria; queste sono infatti legate al comportamento della struttura in particolare per quanto riguarda l'inerzia termica; la scelta della fonte energetica è in un certo modo successiva, si riconduce alla prossimità e sostenibilità dell'approvvigionamento per l'utilizzo di fonti rinnovabili. La superficie muraria si organizza secondo una poligonale che orienta i lati finestrati al pieno Mezzogiorno, disegnando una superficie frastagliata e cangiante segnata da profonde scansioni verticali.

Così le vedute d'angolo espongono al Sud un edificio completamente vetrato, e all'Ovest un edificio cieco, con la sola eccezione della bussola d'ingresso.

Questa traduce nell'atrio a doppia altezza coronato da un ampio lucernario, insieme l'accoglienza e il centro della distribuzione interna. Le vetrate sono dotate di un sistema di ombreggiamento che permette il controllo dell'irraggiamento solare. Il risultato che si raggiunge per il corpo uffici-esposizione è un fabbisogno di Energia Primaria inferiore a  $22 \text{ kWh/m}^2$  anno (si tenga conto che il fabbisogno annuo massimo calcolato per il corpo uffici secondo le prescrizioni di legge è  $70 \text{ kWh/m}^2$  anno).



## / ASPETTI TECNICI

L'intervento propone l'utilizzo di tecnologie accessibili, collaudate e durevoli ma innovative in ambito di edilizia industriale. Il grado di innovazione sta in particolare nel fatto che complessivamente l'edificio si troverà ad avere un fabbisogno energetico minore di  $30 \text{ kWh/m}^2$  anno, fatto assolutamente straordinario per edifici adibiti ad attività industriali. Spesso i consumi energetici, così come il comfort interno, vengono trascurati dagli amministratori delle imprese perché accomunati ai consumi energetici di processo e quindi al settore in cui è più difficile effettuare investimenti a lungo termine.



Questo porta alla costruzione di grandi involucri fortemente disperdenti e ad ambienti di lavoro poco confortevoli. Ma il calcolo dettagliato dei fabbisogni energetici e l'utilizzo di tecnologie già disponibili sul mercato permettono l'ottenimento del risultato senza trasformare l'edificio in un "mostro tecnologico" e con sovracosti contenuti.

L'intervento ha come priorità l'efficienza energetica della costruzione che si ottiene proteggendola dalle dispersioni termiche tramite la corretta coibentazione posizionata sulla superficie esterna, in modo da massimizzare la stabilità termica ed il comfort; tramite la realizzazione di una copertura ventilata, o ancora organizzando le parti finestrata in modo da evitare il surriscaldamento estivo e massimizzare il guadagno termico passivo invernale.

Un dato di interesse si trova inoltre nella ottimizzazione dell'impianto realizzato accostando pannelli radianti, pompa di calore ad acqua di falda e ventilazione meccanica controllata con recuperatore di calore e scambiatore interrato. L'utilizzo contemporaneo di impianti ad alto rendimento, fonti di energia rinnovabili e raffrescamento naturale si presenta come una soluzione sinergica molto efficiente per il massimo contenimento dei consumi.

Fondamentale è la registrazione del funzionamento: è infatti attivato un monitoraggio dei consumi energetici differenziato (analitico per ogni voce di consumo: riscaldamento, acqua calda sanitaria, raffrescamento, illuminazione...); questo permette di verificare la correttezza dei dati di progetto, l'ottimizzazione successiva e replicabilità della soluzione con le migliori realizzabili grazie ai dati sperimentali. I dati raccolti riguardano anche le temperature esterne, la temperatura dell'acqua di falda, la temperatura ambiente, i tassi di funzionamento delle macchine, gli assorbimenti forza e luce degli uffici, ecc.

Inoltre sono verificabili i vantaggi derivanti dall'innalzamento della temperatura operante nel fabbricato derivante dalle coibentazioni e dal pavimento radiante; in particolare nell'area produttiva, la temperatura operante al suolo può essere confortevole mantenendo basse le temperature nella parte alta (6-8 m).

Lo stesso vantaggio in termini di comfort si verifica anche in estate nella zona uffici in cui le vetrate isolanti, le ombreggiature e l'isolamento delle pareti potranno ridurre ulteriormente l'intervento dell'impianto di condizionamento consentendo una temperatura dell'aria più alta a parità di comfort.

### **ORIENTAMENTO PARETI E VETRATE**

**Per i soli uffici:** trasformazione delle pareti esterne tramite la suddivisione in setti verticali pieni e fasce verticali vetrate tali da orientare queste ultime al pieno Sud garantendo massimo guadagno invernale e miglior difesa estiva dall'irraggiamento diretto solare.

### **ISOLAMENTO TERMICO DELL'INVOLUCRO**

**Capannone:** copertura coibentata con 16 cm di lana minerale (su due strati a bassa e alta densità) su tegoli prefabbricati ( $U=0.280$ ), realizzazione di cappotto esterno alle pareti in pannelli prefabbricati di calcestruzzo pieno ( $U=0.205$ ) tramite 14 cm di Polistirene con grafite sinterizzato, pavimento direttamente su terreno con coibentazione del fianco in profondità ( $U=0.278$ ); la posizione dell'isolante all'esterno dei diaframmi di massa (realizzati in calcestruzzo pieno sp. 20 cm) consente l'aumento dell'inerzia termica ed il miglioramento del comportamento estivo, con la stessa finalità non è stato coibentato il pavimento nella parte centrale per sfruttare l'inerzia termica della massa di terreno sottostante.

**Uffici:** copertura coibentata con 16 cm di lana minerale (su due strati a bassa e alta densità) su tegoli prefabbricati ( $U=0.280$ ), realizzazione di cappotto esterno alle pareti in pannelli prefabbricati di calcestruzzo pieno ( $U=0.205$ ) tramite 14 cm di Polistirene con grafite sinterizzato, pavimento su terreno ( $U=0.277$ ) con coibentazione per ridurre il tempo di risposta degli impianti a pavimento.

**Eliminazione dei ponti termici:** rimangono solo piccoli ponti verso il terreno che vengono per lo più annullati dalla larghezza del fabbricato e dall'inserimento dell'isolante a cappotto anche della fondazione, sotto il livello del suolo.

### **TRASMITTANZA FINISTRATURE**

**Capannone:** lucernai in copertura con policarbonato alveolare  $U_g = 1,06$ ,  $U_w=2,02$  (valore medio), vetrate in parete in policarbonato alveolare  $U_g 1,06$ ,  $U_w=1,95$  (valore medio) - ponti termici di montaggio compresi.

**Uffici:** Vetrate isolanti orientate a Sud e ombreggiate in facciata  $U_w=1,72$  (valore medio) - ponti termici di montaggio compresi.



### **\_TENUTA ALL'ARIA**

Realizzazione di una buona tenuta all'aria dell'involucro, in particolare per gli uffici, con la posa di serramenti e particolari di montaggio a tenuta. Nella parte di capannone, per i serramenti a parete e i lucernari è stato utilizzato un policarbonato alveolare con un ottimo dato intrinseco di resistenza termica, il cui sistema di montaggio è stato ottimizzato per la riduzione del ponte termico di telaio tramite la disposizione su falso telaio in legno, e per il miglioramento della tenuta all'aria tramite inserimento di due guarnizioni aggiuntive e sigillature finali.

Per i grandi portoni necessari alla produzione si sono utilizzate chiusure tradizionali con alcune cautele in più sul montaggio per una migliore, ma non ottimale tenuta all'aria; qui sarà importante valutare in fase di monitoraggio l'influenza della modalità di utilizzo e dei tempi di apertura sui consumi effettivi.

### **/ IMPIANTI**

- \_fornitura del calore (riscaldamento per capannone, riscaldamento e raffrescamento per uffici) con sistemi radianti a pavimento;
- \_produzione del calore da fonte rinnovabile con caldaia a cippato;
- \_produzione di acqua refrigerata (geotermia da pozzo irriguo) con pompa di calore acqua-acqua con circuito aperto (acqua di falda 12°C) con COP > 4,25 (tWe=12°C e

tWi=35°C), superiore al valore minimo (pari a 4) richiesto dal piano stralcio della Regione Piemonte (08/02/2007), l'acqua di falda viene riutilizzata per irrigazione;

- \_realizzazione di impianto di ventilazione meccanica controllata (VMC) a doppio flusso con recuperatore di calore (80% di efficienza) con bypass per il corpo uffici.

Per il capannone invece si è optato per un impianto di ventilazione meccanica a flusso semplice con pre-riscaldamento (raffrescamento in estate) geotermico. L'obiettivo di progetto è quello di operare un recupero di calore ed un freecooling notturno estivo in grado di coinvolgere le masse interne, che, grazie alla inerzia termica conservino temperature interne accettabili nell'arco della giornata lavorativa.



Caldaia a cippato



Collettori solari termici piani integrati nella copertura della scala di sicurezza esterna



\_centrale di controllo e coordinamento degli impianti radianti e di ventilazione e ricambio aria, che, in base ai dati forniti da sonde ambiente site nei diversi locali ed all'esterno calibra la risposta degli impianti. La centrale, oltre a consentire di gestire controllare l'intero impianto, consente il monitoraggio e la registrazione dei dati, importantissimi per le valutazioni a consuntivo;

\_la produzione di acqua calda sanitaria trae il suo contributo (>65%) dall'installazione di collettori solari termici piani integrati nella copertura della scala di sicurezza esterna; i pannelli hanno alto rendimento ed assorbimento energetico e ridotta emissione, capaci di azzerare le accensioni del bruciatore e le forniture di energia per ACS in estate.



### / ILLUMINAZIONE

\_nelle zone di lavoro (produttive e uffici) l'illuminazione avviene tramite apparecchi con tubi a fluorescenza "dimmerabili", capaci cioè di regolare il flusso luminoso (quindi i consumi) in base al livello di illuminazione naturale producendo soltanto l'integrazione necessaria;

\_l'illuminazione decorativa interna è interamente realizzata con lampade a basso consumo;

\_l'illuminazione esterna è insieme decorativa e di funzione, integralmente rivolta verso il suolo per ridurre il più possibile l'inquinamento luminoso, qui particolarmente sensibile essendo a contatto con aree di importante valore paesaggistico.



### / FABBISOGNO ENERGIA UTILE

Uffici : 21,32 kWh/m<sup>2</sup>anno

Capannone: 3,86 kWh/m<sup>3</sup>anno (per unità di volume)

Complessivo: 28,9 kWh/m<sup>2</sup>anno

### / IN DETTAGLIO

Invernale: 273.693 MJ/anno di cui 86200 MJ/anno per gli

uffici e 187.493 MJ/anno per il capannone

76.025 kWh/anno di cui 23.944 kWh/anno per gli uffici

52.081 kWh/anno per il capannone

ACS: 1.808 kWh/anno

Estivo: 55.647,01 MJ calcolato per i soli uffici

15.458 kWh/anno

### / FABBISOGNO ENERGIA PRIMARIA

Invernale: 333.143 MJ/anno

ACS: 7.201 MJ/anno

Estivo: 37.809 MJ/anno

### / VANTAGGIO ENERGETICO ANNUO

CO risparmiata: t 85,47

energia risparmiata: tep 29,97

Proponente | **Anna Maria Molinero**  
Progetto | **Studio Roatta Architetti Associati**

# NUOVO EDIFICIO UNIFAMILIARE AD ALTA EFFICIENZA ENERGETICA

## / TIPOLOGIA DI EDIFICIO E SUA DESTINAZIONE D'USO

Nuovo edificio unifamiliare realizzato in un'area piana di lottizzazione nel Comune di Morozzo (Cuneo), si sviluppa su due piani fuori terra per una superficie calpestabile pari a 192 m<sup>2</sup> ed un volume di 941,50 m<sup>3</sup>. Questo è stato il primo progetto ad ottenere il contributo regionale previsto dal "Bando per Interventi Dimostrativi in campo energetico" per l'incentivazione della realizzazione di edifici con elevate prestazioni dal punto di vista energetico.

Su questo edificio il Politecnico di Torino ha realizzato, in collaborazione con lo Studio Roatta, uno studio di LCA (Life Cycle Assessment) relativo al ciclo di vita dell'intero edificio, dall'approvvigionamento dei materiali da costruzione, alla fase del cantiere, alla fase d'uso, alla demolizione e smaltimento. Questo studio ha valutato come il costo energetico complessivo dell'edificio, per un tempo di utilizzo di 4 persone per 70 anni (generalmente una casa ha una vita più lunga) sia di circa tre volte inferiore rispetto ad un edificio di identiche proporzioni, ma ordinariamente coibentato, cioè nel rispetto dei limiti consentiti dalla normativa vigente.



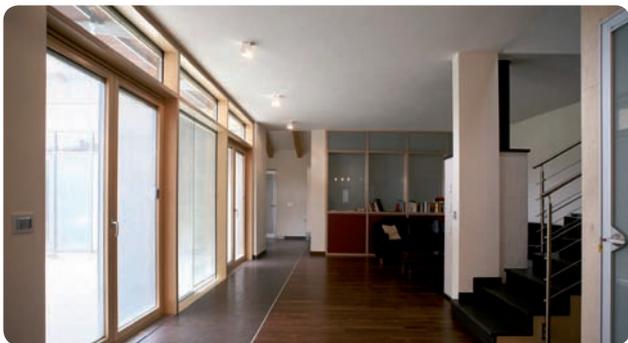
## / IL PROGETTO

Per ottenere la riservatezza di una porzione di spazio aperto si dispone il volume su tre bracci raccolti intorno ad una corte centrale. L'edificio ha la natura di un massiccio guscio esterno, in muratura portante armata, forato da finestre a feritoia, che racchiude un ventre vetrato aperto sulla corte e sul Mezzogiorno.

La pianta si compone secondo l'incontro di due geometrie: quella esterna che segue la griglia ortogonale della lottizzazione e quella interna che si orienta sugli assi cardinali adattando al meglio l'edificio alle due caratteristiche del sito più significative. Le forme sono generate da un approccio progettuale molto "solare" per quanto riguarda sia il concetto energetico, sia il rapporto con l'ambiente esterno. Simili prestazioni energetiche della costruzione (in termini di fabbisogno di energia utile) sono infatti ottenibili tramite forti coibentazioni su un edificio di forma più

comune e una finestratura normalmente distribuita, ma in questo caso si è perseguito lo sfruttamento diretto dell'irraggiamento solare ed un contenimento delle masse isolanti con un attento controllo dei ponti termici strutturali.





La gran parte delle superfici vetrate è orientata al pieno Sud e dotata di opportuni sistemi fissi di ombreggiamento, capaci di garantire il massimo guadagno invernale passivo e la difesa estiva dal surriscaldamento. Molta attenzione è rivolta all'integrazione dei pannelli solari per l'acqua calda sanitaria disposti sulle pensiline di copertura-ombreggiamento del terrazzo. L'isolamento "a cappotto" delle pareti e della copertura è realizzato rispettivamente in sughero bruno e lana di legno, la struttura della copertura è in legno lamellare e rivestita da lamiera di alluminio ventilata. La qualità dei serramenti con vetrate a doppia camera e veneziana interna e l'attenta disposizione delle barriere al vapore garantiscono un'elevata tenuta all'aria dell'edificio; il ricambio d'aria è garantito da un sistema di ventilazione meccanica controllata con recuperatore di calore che garantisce questa funzione e la salubrità dei locali con una riduzione al minimo delle dispersioni.



## / ASPETTI TECNICI

### ORIENTAMENTO VETRATE

Tutte le vetrate esposte a mezzogiorno sono dotate di schermature fisse tarate sulla misura del serramento; le piccole finestre sui lati Nord, Est e Ovest sono realizzate con una strombatura a feritoia che ne migliora l'efficienza in termini di illuminazione naturale interna.



### ISOLAMENTO TERMICO DELL'INVOLUCRO

Copertura ventilata in alluminio coibentata con 22 cm di fibra di legno ( $U=0.18$ ), pareti realizzate in muratura portante con laterizio porizzato e coibentazione a cappotto in sughero ( $U=0.21$ ), isolamento continuo all'intradosso del solaio sull'interrato, eliminazione dei ponti termici strutturali tramite "taglio" termico alla base della muratura, taglio dei solai fra interno ed esterno al piano terreno e raddoppio della struttura verticale al piano interrato in corrispondenza della rampa e dell'autorimessa.





### **\_TRASMITTANZA FINESTRATURE**

Vetrare isolanti orientate a Sud e ombreggiate in facciata, valore  $U_w$  medio = 1,1

### **\_TENUTA ALL' ARIA**

Realizzazione di una buona tenuta all'aria dell'involucro tramite la disposizione di barriera al vapore sigillata sull'intera copertura, attenta posa dei serramenti comprese le porte finestre e i portoncini di ingresso.

### **/IMPIANTI**

Fornitura del calore tramite sistemi radianti a parete.

Produzione del calore tramite pompa di calore aria-acqua ad elevata efficienza anche alle temperature più basse (cop 2,54  $t_w=45^\circ\text{C}$   $t_a= -15^\circ\text{C}$ )

La produzione di acqua calda sanitaria trae il suo contributo (>65%) dall'installazione di collettori solari termici piani integrati nella copertura della scala di sicurezza esterna e l'apporto degli stessi è tale da azzerare le accensioni del bruciatore e il consumo di combustibili per la produzione di acqua calda sanitaria in estate.



### **SUL**

222,7 m<sup>2</sup>

### **Volume**

941,50 m<sup>3</sup>

### **Fabbisogno energia utile**

6.679 MJ/anno

### **Fabbisogno energia primaria**

7.562 MJ/anno

### **Vantaggio energetico annuo**

CO risparmiata: 8,63t

energia risparmiata: 3.673 tep

# IMPIANTO DI TRIGENERAZIONE CON TELERISCALDAMENTO

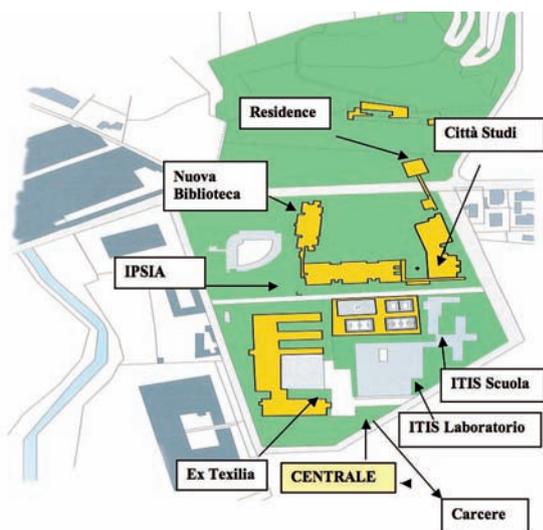
## / TIPOLOGIA DI IMPIANTO E SUA DESTINAZIONE D'USO

L'idea di realizzare un impianto di trigenerazione nasce nel 2004 da parte di Città Studi che affidava all'Agenzia Provinciale per l'Energia di Biella (Agenbiella) la predisposizione di una diagnosi energetica dell'intero complesso universitario, per poter individuare gli interventi tecnologici finalizzati a ridurre i consumi energetici ed a promuovere lo sviluppo e l'applicazione di fonti rinnovabili e/o assimilate. Da tale audit energetico emergeva la possibilità di realizzare un impianto di trigenerazione con relativa rete di teleriscaldamento/teleraffrescamento a servizio del complesso Città Studi e della Casa Circondariale di Biella, posta nelle immediate vicinanze.

Gli edifici collegati alla rete di teleriscaldamento/teleraffrescamento sono collocati tutti in un raggio di 500 metri dalla centrale di trigenerazione in modo da limitare il percorso delle reti. La volumetria complessivamente riscaldata è pari a circa 137.000 m<sup>3</sup>, mentre quella raffrescata è pari a 13.000 m<sup>3</sup>.



I combustibili precedentemente utilizzati dalle singole caldaie erano metano per l'80% degli edifici e gasolio per il rimanente 20%. La nuova palazzina Biblioteca è stata collegata alle reti di teleriscaldamento/teleraffrescamento senza dover costruire le relative centrali termica e frigorifera tradizionali (presenti nelle altre utenze).



## / DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI TRIGENERAZIONE

- \_ combustibile : gas naturale;
- \_ n. 3 motori cogenerativi;
- \_ potenzialità elettrica : 320 kW/cad ( 960 kWe totali);
- \_ potenzialità termica : 412 kW/cad (1.240 kWt totali);
- \_ consumo metano : 100 Nm<sup>3</sup>/h cad ( 300 Nm<sup>3</sup>/h totali = 2.880 kW totali);
- \_ rendimento dei gruppi : 76%;
- \_ n. 2 caldaie ad acqua calda d'integrazione: 1550 kW/cad (3000 kWt totali);
- \_ n. 1 gruppo assorbitore a bromuro di litio monostadio: 500 kW;
- \_ C.O.P. : 0,7;
- \_ n. 8 sottocentrali del caldo con una potenza termica installata pari a 4.000 kW;
- \_ n. 2 sottocentrali del freddo con una potenza frigorifera installata pari a 500 kW;
- \_ n. 2 reti di teleriscaldamento per uno sviluppo complessivo pari a 930 m;
- \_ n. 1 rete di teleraffrescamento per uno sviluppo complessivo pari a 335 m;



La rete di teleriscaldamento



Caldaia di integrazione



Sottocentrali di scambio: da sinistra in alto 800, 300, 200 e 350kW

## / DESCRIZIONE DEL QUADRO ENERGETICO

Il quadro energetico del complesso Città Studi prima e dopo l'intervento è il seguente:

EDIFICIO	Pot. Termica installata kW	Pot. Frigorifera installata kW	Nuova pot. Termica kW	Nuova pot. Frigorifera KW
Ex Texilia	870	0	350	0
IPSIA	660	0	300	0
Nuova Biblioteca	700	320	500	250
Città Studi/Università	1.870	600	800	250
Residence	440	0	200	0
ITIS Laboratorio	640	0	350	0
ITIS Scuola	1.700	0	800	0
Supercarcere	1.400	0	800	0
<b>TOTALE</b>	<b>8.280</b>	<b>920</b>	<b>4.100</b>	<b>500</b>

La diminuzione di potenza termica installata da 8.280 MW a 4.100 MW si giustifica per due fattori principali :

- \_la rete di teleriscaldamento funziona 24 ore su 24 e quindi l'energia termica è sempre disponibile anche nelle ore notturne;
- \_alcune potenze delle caldaie (nelle scuole) sono state maggiorate in quanto si era prevista anche la caldaia di scorta.

Per quanto riguarda la situazione dell'energia erogata nell'anno 2008 il quadro generale è il seguente:

EDIFICIO	Energia termica erogata MWh	Energia frigorifera erogata MWh	Energia elettrica erogata MWh	Energia elettrica prodotta MWh
Ex Texilia	628,85			
Città Studi	1.305,99			
Nuova Biblioteca	283,50			
Residence	199,27			
<b>TOTALE</b>	<b>2.417,61</b>	<b>80,00</b>	<b>889,61</b>	
IPSIA	352,9			
ITIS Laboratorio	368,39			
ITIS Scuola	859,50			
<b>TOTALE</b>	<b>1.580,79</b>			
Carcere	1.807,11			
<b>TOTALE</b>	<b>5.805,51</b>			<b>2.993,45</b>

### / STIMA DELLE MANCATE EMISSIONI

Le mancate emissioni riguardano principalmente due fattori :

- \_la produzione locale di energia elettrica;
- \_la sostituzione del combustibile gasolio in due sottocentrali.

La somma delle mancate emissioni in atmosfera ammonta a 2.100 t/anno CO<sub>2</sub>.

Ogni gruppo di cogenerazione è dotato di un filtro ad urea DeNO<sub>x</sub> - SCR per abbattere gli NO<sub>x</sub> a valori inferiori a 60 mg/Nm<sup>3</sup> come previsto dal bando della Regione Piemonte.

Tali impianti sono caratterizzati da piccole reti di teleriscaldamento per contenere i costi di realizzazione della rete che in taluni casi possono rappresentare anche più del 50% del costo complessivo dell'impianto di cogenerazione. Possono quindi trovare una loro replicabilità in altri poli universitari o dove esistono utenze energeticamente interessanti e collocate in aree ristrette.

Proponente | **Sasil S.p.A.**  
Progetto | **Sasil S.p.A.**

# IMPIANTO DI PROCESSO AD ELEVATA EFFICIENZA ENERGETICA

## / SITO DELL'INTERVENTO

Gli impianti oggetto del presente investimento, dedicati alla produzione di sabbia di vetro macinata, sono stati installati presso lo stabilimento Sasil sito in Brusnengo, in provincia di Biella. Il territorio ricade nella parte orientale delle colline biellesi coltivate a vite e a ridosso della Baraggia che cede poi verso sud il posto alle risaie vercellesi.

## / DESCRIZIONE DEL CICLO PRODUTTIVO

L'azienda proponente ha messo a punto un sistema di trattamento per il rottame di scarto proveniente dalla lavorazione del vetro da raccolta differenziata, che ha permesso di azzerare, nel Nord Italia, il conferimento in discarica di tale rottame di scarto, per una quantità valutabile in circa 200.000 ton/anno. La valorizzazione di tale scarto come prodotto vendibile nel settore vetrario e ceramico ha comportato, oltre all'ovvio vantaggio ambientale del non conferimento in discarica, anche un notevole risparmio energetico dovuto alle ottime caratteristiche di fusibilità del vetro rispetto alle materie prime alternative tradizionali.



Veduta aerea dello stabilimento

Dal ciclo produttivo accennato in premessa, esce, tra l'altro, un prodotto vetroso di dimensione  $1\div 5$  mm che, sino al 2006, veniva rimacinato in un mulino a ciottoli per riportare il tutto in dimensioni tali da rendere commercializzabile il prodotto.

A causa della presenza di circa l'1% di plastica e delle dimensioni grossolane di tale semilavorato, il rendimento del mulino a ciottoli risultava molto basso.

Per questa ragione l'azienda ha preso in considerazione una soluzione alternativa che prevedeva una macinazione a secco con una macchina innovativa (roll-press) che già in altri settori ha permesso di realizzare risparmi energetici dell'ordine del 50%.

Il concetto base è che, mentre nella macinazione ad umido vi è un enorme spreco energetico per attrito, nella

macinazione con roll-press tale attrito è minimizzato e quindi il conseguente "effetto Joule" dimezzato.

Va detto inoltre che, dal momento che i prodotti finali della macinazione devono essere forniti essiccati, l'essiccazione preventiva di un materiale grossolano che contiene solo il 3% di umidità è ovviamente molto meno energeticamente dispendiosa che non l'essiccazione dei diversi prodotti fini finali provenienti dalla macinazione ad umido, la cui umidità media risulta dell'ordine del 9%.

Il miglioramento nel ciclo produttivo è consistito nel sostituire alla macinazione ad umido con mulino tubolare a ciottoli, la macinazione a secco ad alta compressione.

# SCHEMA A BLOCCHI DELL'UNITA' PRODUTTIVA



TRATTAMENTO GREZZO "AREA VALLE"

PRODUZIONE						
SIGLA	PRODOTTO	UMIDITA'	UTILIZZ.	Ton/ora	%	Ton/anno
TQ	GREZZO	15%	--	70.00	100.00	210.000
UM	ARGILLA*	--	--	9.80	14.00	29.400
AR	ARGILLA	25%	CERAMICA	14.00	20.00	42.000
7	FINI NAT.	5%	CERAMICA	7.00	10.00	21.000
FM+OM	FINI MAC.	15%	CERAMICA	2.10	3.00	6.300
3	SABBIA F.	0%	VETRERIA	28.00	40.00	84.000
SM	SCARTO M.	0%	VETRERIA	2.10	3.00	6.300
SF+SE	SCARTO F.	20%	FLORIC.	2.10	3.00	6.300
RV+FL	REC.VASCHE	15%	CERAMICA	3.50	5.00	10.500
SG+RC	SCARTO G.	15%	EDILIZIA	0.70	1.00	3.000
PC+PF	POLVERI	0%	CERAMICA	0.70	1.00	3.000

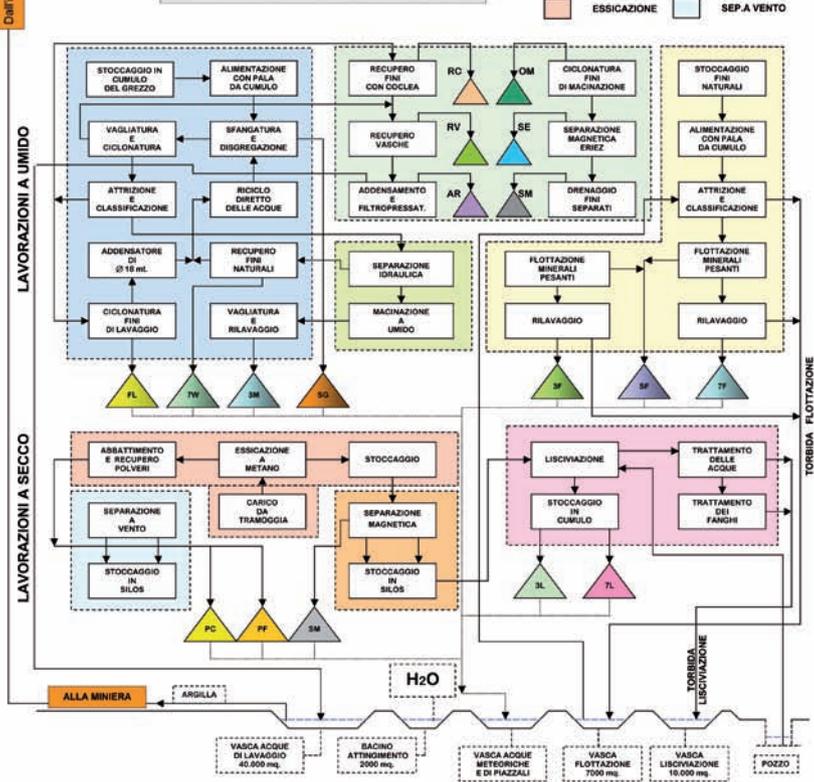
ANALISI MINERALOGICA %						
	QUARZO	FELDSPATO	ARGILLA	MICA	RUTILIO	ZIRCONIO
TQ	39.00	32.50	22.00	5.00	1.00	0.50
AR	22.00	18.00	50.00	10.00	--	--
7	51.00	47.00	--	2.00	--	--
FM+OM	53.00	47.00	--	--	--	--
3	60.00	40.00	--	--	--	--
SM	50.00	40.00	--	10.00	--	--
SF+SE	27.00	20.00	3.00	25.00	20.00	5.00
RV+FL	40.00	40.00	10.00	6.00	2.00	2.00
SG+RC	25.00	20.00	50.00	5.00	--	--
PC+PF	54.00	44.00	--	2.00	--	--

ANALISI CHIMICA %					
	SiO2	Al2O3	K2O	Fe2O3	P.F.
AR	66.00	20.50	4.50	3.50	5.50
7	82.40	9.00	7.80	0.35	0.30
FM+OM	86.60	7.30	5.60	0.15	0.20
3	91.80	4.40	3.50	0.07	0.10
SM	83.70	8.30	6.20	1.25	0.50
SF+SE	82.30	9.00	4.70	3.00	1.00
RV+FL	76.80	13.30	6.60	1.80	1.50
PC+PF	86.50	7.30	5.10	0.30	0.80

ANALISI GRANULOMETRICA %						
	-0.10mm.	0.10-0.20	0.20-0.40	0.40-0.60	0.60-0.80	+0.80mm.
AR*	54.00	16.00	11.00	9.00	6.00	4.00
7	27.80	46.40	24.00	1.20	0.60	--
FM+OM	71.00	25.60	2.80	0.60	--	--
3	2.00	21.40	47.30	19.10	10.20	--
SM	10.00	45.00	33.00	8.00	3.40	0.60
SF+SE	3.10	32.10	45.00	14.20	5.20	0.40
RV+FL	21.40	39.40	22.80	5.80	4.20	6.40
PC+PF	90.00	10.00	--	--	--	--

\* % RIFERITE AI VALORI GRANULOMETRICI x 0.10 (SCALA 0.001 - 0.08)

IMPIANTO DI TRATTAMENTO REGIONE DOSSO - BRUSNENGO - BI



## / DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PROPOSTI

### \_MACINAZIONE A SECCO CON CILINDRAIA AD ALTA COMPRESSIONE

Le tecniche tradizionali di macinazione si basano su un principio di rottura a compressione con contributi notevoli di attrito che si traducono in dispersioni termiche per effetto joule.

La Sasil ha sviluppato una macchina a rulli ad altissima compressione (3.000 bar) che ha minimizzato la componente tangenziale di sforzo, causa di notevoli dispersioni per attrito. Si è così ridotto l'effetto joule di circa l'80% e questo, dal momento che l'energia richiesta per la frantumazione è solo il 20% dell'energia totale immessa nel caso della macinazione tradizionale, ha significato una riduzione del consumo energetico di circa il 50%, dato che è stato possibile verificare in quanto nello stabilimento si usano anche sistemi di macinazione tradizionale.

Infatti la possibilità di provare in parallelo, a parità di materiale in alimentazione ed in uscita, le diverse tecniche di macinazione, ha permesso di ottimizzare la nuova tecnica di macinazione che si presta molto ad una gestione completamente automatica in quanto si tratta di una macchina "intelligente" che consuma energia solo se necessario. Questo aspetto permette di modulare la portata in funzione dell'assorbimento elettrico in quanto la macchina si può autoregolare semplicemente impostando un valore di potenza elettrico, in funzione ovviamente delle caratteristiche granulometriche del prodotto che si vuole ottenere.

L'impianto completo di macinazione, che ha come cuore la cilindraia ad alta compressione, comprende una serie di accessori che sono stati acquistati sul mercato e che sono stati implementati in modo da esaltare le capacità funzionali della cilindraia stessa.

Si riportano alcuni dati operativi:

- \_potenza installata 250 kW;
- \_capacità produttiva da 3 a 30 t/h a seconda delle granulometrie in ingresso e uscita;
- \_20 parametri rilevati, registrati e monitorati in modo continuo, integrati campionando ogni 0,2 secondi

## / DATI RILEVANTI

### ASPETTI ENERGETICI

Energia elettrica risparmiata su un anno rispetto alle tecnologie tradizionali: -120 tep

Energia termica risparmiata su un anno rispetto alle tecnologie tradizionali: -201 tep

### ASPETTI AMBIENTALI

Riduzione emissioni equivalenti di CO<sub>2</sub> pari a 759 t/anno.

## DESCRIZIONE DELLA MACCHINA

### \_CILINDRAIA AD ALTA PRESSIONE

La cilindraia ad alta pressione è studiata con lo scopo di effettuare una macinazione fine con un metodo alternativo rispetto alla macinazione tradizionale con mulini tubolari. La pressione che permette la macinazione fine del materiale viene ottenuta tramite 2 attuatori oleodinamici che spingono il rullo mobile verso il rullo fisso con una forza proporzionale alla pressione dell'olio in essi contenuto.



Cilindraia ad alta compressione



La coppia necessaria ai rulli per effettuare la macinazione viene ottenuta mediante una coppia di motori collegati tramite pulegge a 2 riduttori epicicloidali i quali trasmettono il moto agli alberi porta rulli tramite 2 giunti cardanici telescopici. La macinazione di materiali fini richiede l'utilizzo delle coclee di precompressione al fine di facilitare l'ingresso del materiale nella zona di macinazione e di permettere alla macchina di trasformare l'energia meccanica, proveniente dai motori, in energia di macinazione. I rulli di macinazione sono di acciaio al carbonio rivestiti con carburo di tungsteno in matrice di ferro per uno spessore di circa 5 mm.

A rivestimento esaurito e' necessaria la sostituzione dei rulli o la loro ricarica in loco.

Le coclee di precompressione vengono invece rivestite con mattoncini di allumina incollati ad una spirale di acciaio antiusura. Le velocità di rotazione dei rulli e delle coclee sono regolabili tramite inverter. La regolazione delle 2 velocità e della pressione idraulica, viene effettuata ottimizzando le prestazioni dell'impianto a seconda del materiale da macinare, della sua granulometria, dal tipo di separazione prevista e da vari altri parametri.

## / RAFFRONTO CON LA SITUAZIONE PRE-ESISTENTE

### \_CONSUMO ELETTRICO SPECIFICO SU PRODOTTO UTILE

#### MACINAZIONE AD UMIDO

30 kWh/t pari a 450 kWh/15 t/h

#### MACINAZIONE A SECCO

14 kWh/t pari a 210 kWh/15 t/h

### \_CONSUMI DI ENERGIA TERMICA

#### MACINAZIONE AD UMIDO

1 m<sup>3</sup> di gas metano x 80 kg di prodotto essiccato

Umidità media in ingresso: 9% H<sub>2</sub>O

Consumo specifico gas metano: 12 m<sup>3</sup>/t

Costo specifico gas metano: 3,6 €/t

#### MACINAZIONE A SECCO

1 m<sup>3</sup> di gas metano x 240 kg di prodotto essiccato

Umidità media in ingresso: 3% H<sub>2</sub>O

Consumo specifico gas metano: 4 m<sup>3</sup>/t

Costo specifico gas metano: 12 €/t

### \_STIMA DELLE MANCATE EMISSIONI

#### MACINAZIONE AD UMIDO per 30.000 t/anno

30 kWh/ton: 225 tep elettrici

12 m<sup>3</sup>/t gas metano: 300 tep termici

Totali: 525 tep

CO<sub>2</sub> equivalente: 1.575 ton

#### MACINAZIONE A SECCO per 30.000 t/anno

14 kWh/t: 105 tep elettrici

4 m<sup>3</sup>/t gas metano: 99 tep termici

Totali: 204 tep

CO<sub>2</sub> equivalente: 816 t

Produzione inferiore di CO<sub>2</sub> dalla tecnologia a secco rispetto alla tecnologia ad umido: 759 t/anno

**/ SOVRACCOSTI SOSTENUTI E VANTAGGI  
GESTIONALI CONSEGUITI  
\_COMPONENTI**

COMPONENTI COMUNI								
MACINAZIONE AD UMIDO			MACINAZIONE A SECCO			Diff.Secco- Umido [€]		
descrizione	energia utilizzata kWh	valore €(x1000)	descrizione	energia utilizzata kWh	valore €(x1000)			
AU1	sezione di alimentazione	10	50	AS1	sezione di alimentazione	10	50	0
AU2	essiccatoio con filtri a manica	70	300	AS2	essiccatoio con filtri a manica	50	300	0
AU3	macchinari accessori di trasporto	30	40	AS3	macchinari accessori di trasporto	30	40	0
AU4	stoccaggio prodotto essiccato	0	50	AS4	stoccaggio prodotto essiccato	0	50	0
AU5	imp. elettrico relativo a 1, 2, 3, 4	0	60	AS5	imp. elettrico relativo a 1, 2, 3, 4	0	60	0
AU6	montaggio	0	50	AS6	montaggio	0	50	0
<b>TOTALE</b>	<b>110</b>	<b>550</b>	<b>TOTALE</b>	<b>90</b>	<b>550</b>	<b>0</b>		
COMPONENTI SPECIFICI								
MACINAZIONE AD UMIDO			MACINAZIONE A SECCO			Diff.Secco- Umido [€]		
descrizione	energia utilizzata kWh	valore €(x1000)	descrizione	energia utilizzata kWh	valore €(x1000)			
AU11	mulino ad umido	120	200	AS11	Roll-press	60	420	220
AU12	vaglio ad umido	20	40	AS12	vaglio a secco	10	120	80
AU13	classificatore idraulico	10	40	AS13	separatore a vento	30	180	140
AU14	impianto idraulico	30	50	AS14	impianto pneumatico	0	80	30
AU15	filtro deumidificatore	110	70	AS15	N°2 filtri a manica	20	80	10
AU16	impianto elettrico	0	80	AS16	impianto elettrico	0	120	40
AU17	montaggio 10% su A11-A16	0	50	AS17	montaggio 10% su A11-A16	0	100	50
AU18	progettazione e assistenza montaggio 10% su A11-A17	0	55	AS18	progettazione e assistenza montaggio 10% su A11-A17	0	110	55
<b>TOTALE</b>	<b>290</b>	<b>585</b>	<b>TOTALE</b>	<b>120</b>	<b>1210</b>	<b>625</b>		

**/ RAFFRONTO CON LA SITUAZIONE  
PRE-ESISTENTE**

**\_SPESE DI GESTIONE SU UNA PRODUZIONE DI 30.000 TON/ANNO**

**MACINAZIONE AD UMIDO**

Mano d'opera: 2000 h x 30 €/h = 60.000 €

Energia elettrica: 450 kWh x 2000 ore x 0,1 €/kWh = 90.000 €

Gas metano: 3,6 €/t x 30.000 t = 108.000 €

Usura: 2 €/t x 30.000 t = 60.000 €

Manutenzioni e riparazioni 10% su investimento tecnico: 48.000 €

Totale: 366.000 €

**MACINAZIONE A SECCO**

Mano d'opera: 2000 h x 30 €/h = 60.000 €

Energia elettrica: 210 kWh x 2000 ore x 0,1 €/kWh = 42.000 €

Gas metano: 1,2 €/t x 30.000 t = 36.000 €

Usura: 1,5 €/t x 30.000 ton = 45.000 €

Manutenzioni e riparazioni 5% su investimento: 100.000 €

Totale: 283.000 €

**Vantaggio gestionale pari a 83.000 Euro/anno**

Proponente | **Marco Scaglia**  
Progetto | **Ing. Marco Greco – Arch. Francesco Calliero**

# NUOVO EDIFICIO UNIFAMILIARE AD ALTA EFFICIENZA ENERGETICA

## / TIPOLOGIA DI EDIFICIO E SUA DESTINAZIONE D'USO

L'intervento, realizzato nel comune di Prarostino (To), consiste in un sistema edificio-impianto unifamiliare ad uso residenziale di nuova realizzazione composto di piano interrato e due piani fuori terra.

L'edificio, avente asse longitudinale disposto nella direzione Est-Ovest, ha un volume lordo di 827 m<sup>3</sup>, una superficie utile pari a 204 m<sup>2</sup> ed un rapporto di forma superficie disperdente su volume S/V pari a 0,74.

L'intervento si compone dei seguenti aspetti significativi:

- \_ perfetta esposizione ed utilizzo degli apporti solari gratuiti:
  - impianto su versante collinare pienamente esposto a mezzogiorno;
  - assenza di ostruzioni rilevanti verso l'intero arco volto all'equatore;
  - superficie trasparente esposta in quella direzione pari ad oltre il 40% dell'intera superficie di detta partizione;



- \_ involucro ad altissimo isolamento termico (U medio involucro opaco:  $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; U medio involucro trasparente:  $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- \_ utilizzo di una pompa di calore come sistema ad alta efficienza energetica per il riscaldamento invernale ed il raffrescamento estivo degli ambienti;
- \_ utilizzo di una sonda geotermica a sviluppo orizzontale per convogliare calore all'evaporatore in inverno (utilizzo del gruppo come pompa di calore) e per avere una sorgente "fredda" di condensazione in estate (utilizzo del gruppo come frigorifero);
- \_ emissione termica da sistemi radianti a bassa temperatura a pavimento;
- \_ approvvigionamento energetico (sia elettrico che termico) orientato all'utilizzo di fonti primarie rinnovabili (energia solare da pannelli fotovoltaici per l'intera copertura del fabbisogno di energia elettrica residua, ed energie primarie derivate da solare come l'energia geotermica superficiale o quella da biomasse vegetali a supporto della pompa di calore);
- \_ ventilazione meccanica degli ambienti, a soddisfazione dei volumi di ricambio igienico - sanitario previsti per legge, mediante unità di trattamento dell'aria (UTA) provvista di recuperatore di calore a flusso incrociato;



- \_ utilizzo di materiali a basso contenuto energetico, rinnovabili e riciclabili, anche grazie all'utilizzo di tecnologie costruttive specifiche (a secco); riduzione dei consumi elettrici per illuminazione attraverso lampadine a bassissimo consumo energetico; pareti esterne dei volumi riscaldati racchiuse su entrambe le facce da pannelli rigidi (pannelli in gesso e fibra di cellulosa sulla superficie interna; pannello di controvento OSB in posizione intermedia; fibra di legno, guaina impermeabile traspirante, rivestimento in tavolato su intercapedine per la superficie esterna) destinati a contenere l'isolante in fiocchi di cellulosa; copertura realizzata su orditura a puntoni in legno tamponata con tavolato di abete all'intradosso e all'estradosso, in modo da contenere lo speciale isolante; soletta completata all'estradosso da un getto in cls per la stabilizzazione e da un massetto livellante tradizionale, destinato a funzionare da piastra radiante in seguito all'attivazione del sistema a serpentino, e da piastra d'accumulo della radiazione solare invernale in entrata; locali primari pavimentati in legno, servizi in piastrelle ceramiche.



### / ESPOSIZIONE ED UTILIZZO DEGLI APPORTI SOLARI GRATUITI

- \_sporti fissi (tetto e ballatoio) dimensionati per la schermatura delle superfici aeroilluminanti dal raggio solare meridiano estivo e per l'esposizione degli stessi al raggio meridiano invernale;
- \_schermi mobili a veneziana orientabile riflettente, esterna al serramento;



### / DISTRIBUZIONE DELLE ALTRE SUPERFICI AEROILLUMINANTI

- \_superficie trasparente esposta a Levante ed a Ponente pari a circa il 12% della superficie di tali partizioni esterne;
- \_superficie trasparente esposta a Nord pari a meno del 25% della superficie di tale partizione;
- \_superficie aeroilluminante complessiva pari a quasi 3/8 della superficie riscaldata.



## / DISTRIBUZIONE DEI LOCALI

- \_piano interrato non riscaldato ad involucro coibentato ( $U=0,31$ );
- \_vano scala, bagni PT e PP, cucina, cabina armadio verso notte;
- \_soggiorno e camere verso Sud.



La sostenibilità ambientale in esercizio (emissioni climateranti pari a  $0 \text{ kg CO}_2\text{eq}$ ) è raggiunta grazie a:

- \_una perfetta esposizione su versante collinare volto all'equatore;
- \_un ampio utilizzo degli apporti solari invernali, con bucatura verso Sud pari al 40%;
- \_un'estrema coibentazione dell'involucro ( $U$  parti opache:  $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;  $U$  parti trasparenti:  $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ );

- \_azzeramento delle perdite termiche dovute al ricambio dell'aria esausta mediante recuperatore di calore a flusso incrociato;
- \_dotazione di sistemi radianti a pavimento;
- \_utilizzo di una pompa di calore alimentata da sonda geotermica a sviluppo orizzontale come sistema ad alta efficienza per il riscaldamento invernale ed il raffrescamento estivo;
- \_riduzione dei consumi per l'illuminazione artificiale;
- \_approvvigionamento elettrico da impianto fotovoltaico.

L'attenzione ai consumi inerenti le fasi fuori opera è sottolineata dall'utilizzo di materiali a basso contenuto energetico, rinnovabili e riciclabili, e dall'impiego di tecnologie costruttive secche.



## / CARATTERISTICHE DEGLI ELEMENTI OPACHI E TRASPARENTI DELL' INVOLUCRO EDILIZIO

Composizione e caratteristiche termiche delle principali superfici opache di involucro:

- \_partizione esterna opaca verticale interrato  
 $U=0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$ :
- \_partizione esterna opaca verticale locali riscaldati  $U=0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ :
- \_partizione esterna opaca orizzontale superiore locali riscaldati  $U=0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ :
- \_partizione interna opaca orizzontale inferiore locali riscaldati  $U=0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ :
- \_partizione esterna opaca orizzontale inferiore locali riscaldati  $U=0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ :
- \_partizioni esterne trasparenti verticali locali riscaldati  $U=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ :
- \_vetrocamera bassoemissivo ad alta efficienza con intercapedine riempita a gas raro
- \_telaio a taglio termico  $U=1 \text{ W/m}^2\text{K}$
- \_tripla guarnizione.



## / CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI DI FORNITURA AD APPROVVIGIONAMENTO ENERGETICO

**Generazione termica:**

- \_pompa di calore (6 kW) a bassa entalpia per il riscaldamento invernale ed il raffrescamento estivo degli ambienti;
- \_alimentazione generatore mediante sonda geotermica a sviluppo orizzontale per l'approvvigionamento termico dell'evaporatore in inverno (utilizzo del gruppo come pompa di calore) e per la condensazione estiva (utilizzo del gruppo come frigorifero);
- \_ulteriore alimentazione del gruppo pompa a mezzo di impianto fotovoltaico (7,14 kW);
- \_stufa supplementare in pietra ollare (8 kW) alimentata a pezzi di legna per il riscaldamento integrativo o di emergenza.

**Emissione termica:**

- \_sistemi radianti a pavimento;
- \_ventilazione meccanica degli ambienti, a soddisfazione dei volumi di ricambio igienico sanitario, mediante unità di trattamento dell'aria provvista di recuperatore di calore a flusso incrociato.

**Generazione elettrica:**

- \_impianto fotovoltaico (7,14 kW).
- \_tripla guarnizione.

**Emissione luminosa ed altri usi elettrici:**

- \_terminali fluorescenti ad alta efficienza dotati di reattore elettronico e gestiti, nei locali secondari, da sensori di presenza;
- \_elettrodomestici ad alta efficienza.

## / FABBISOGNO SPECIFICO ANNUO DI ENERGIA: SINTESI DEI DATI DI PROGETTO

### Fabbisogno termico specifico escluso sistema di produzione:

- \_45 kWh/m<sup>2</sup>anno per il riscaldamento degli ambienti ;<sup>1</sup>
- \_20 kWh/m<sup>2</sup>anno per il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria.

### Fornitura termica da biomassa vegetale (stufa in pietra ollare):<sup>2</sup>

- \_5,5 kWh/m<sup>2</sup>anno per il riscaldamento degli ambienti.

Date le caratteristiche del sistema, tutte le richieste di esercizio rimanenti sono soddisfatte attraverso l'impiego di energia elettrica prodotta in loco.

### Fabbisogno termico specifico incluso sistema di produzione (pompa di calore geotermica COP 3,8):

- \_10,4 kWh/m<sup>2</sup>anno per il riscaldamento degli ambienti;
- \_5 kWh/m<sup>2</sup>anno per il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria.

### Altri fabbisogni:

- \_20 kWh/m<sup>2</sup>anno per l'illuminazione e usi elettrodomestici;
- \_0,9 kWh/m<sup>2</sup>anno per la ventilazione igienico sanitaria;
- \_2,2 kWh/m<sup>2</sup>anno per il raffrescamento.

### Fabbisogno elettrico specifico complessivo:

- \_38,5 kWh/m<sup>2</sup> anno

### Fornitura elettrica specifica da sistema fotovoltaico:

- \_38,5 kWh/m<sup>2</sup>anno

Considerando il bilancio annuo, non sono quindi richiesti apporti da fonti energetiche non rinnovabili.

<sup>1</sup> A suo tempo valutato tenendo conto di una ventilazione per il ricambio pari a 0,5 vol/h, di una ventilazione per infiltrazioni di 0,1 vol/h, e di un'efficienza del recuperatore di calore del 92%. Imputando tali parametri secondo quanto richiesto dall'attuale metodologia di calcolo (0,3vol/h +0,1vol/h), il fabbisogno annuo per la climatizzazione si riduce dello 0,5%, a conferma della importanza di tali sistemi di recupero.

<sup>2</sup> Per il calcolo di tale apporto al riscaldamento ambienti si utilizza il potere calorifico del legno con umidità relativa inferiore o uguale al 25%, supposto pari a 4.500 kcal/kg per 2,5 kg di legna al giorno per 183 gg/anno (ovvero 5 kg di legna al giorno per 90 gg/anno), per un rendimento prudenziale della stufa pari a 0,5.

## / QUANTIFICAZIONE DELL'ORDINE DI GRANDEZZA DEI SOVRACCOSTI

Il costo specifico sostenuto per la realizzazione del sistema edificio-impianto descritto è pari a 1.700 euro/m<sup>2</sup>.

La cifra comprende tutte le opere descritte, anche quando non direttamente inerenti l'uso razionale dell'energia, quali le opere di sbancamento, le finiture, l'impianto di aspirazione centralizzato, ecc.

Non sono stati considerati il prezzo d'acquisto del terreno e le opere di urbanizzazione primaria, ivi compresa la realizzazione degli accessi carrabili.

Per una valutazione dei sovraccosti, il costo specifico qui riportato deve essere confrontato con realizzazioni aventi caratteristiche di un certo pregio, così come evidenziano le fotografie degli interni realizzati: ad esclusione delle zone ingresso, cucina, bagni, tutti i pavimenti sono in legno naturale; la scala interna è ugualmente realizzata in legno massello; i serramenti interni sono in legno tinteggiato bianco; le camere per i ragazzi sono dotate di zona soppalcata in legno, illuminata indirettamente da Nord, in grado di ampliare di almeno un terzo lo spazio utile; il fabbricato è dotato di ballatoio al piano primo e di ampi terrazzamenti degradanti verso il terreno al piano terra, tutti rigorosamente in legno massello, che si aprono anche a fornire un ricovero coperto per due auto; soltanto per riportare alcuni esempi.



### **/ RISPARMIO ECONOMICO ANNUO: SINTESI DEI DATI DI PROGETTO**

Il risparmio economico annuo è quantificabile facendo riferimento ad un termine di paragone convenzionale.

Se l'edificio di riferimento corrisponde ad un edificio dalle medesime caratteristiche volumetrico dimensionali del fabbricato in oggetto, i cui coefficiente di dispersione volumica globale e fabbisogno energetico normalizzato siano pari al massimo ammissibile per legge (Cdlm e FENlim da normativa vigente al 2005), e le cui forniture energetiche avvengano a partire da gasolio per le necessità termiche e a partire da elettricità prelevata dalla rete nazionale per gli usi elettrici, il risparmio economico prevedibile è pari a 7.100 euro/anno<sup>3</sup> per quanto attiene alla richiesta termica (riscaldamento ambienti e acqua calda sanitaria) e, dato l'incentivo in scambio sul posto<sup>4</sup>, 2.050 euro/anno relativamente agli usi elettrici (illuminazione, elettrodomestici, ventilazione, raffrescamento).

Se l'intervento in oggetto viene confrontato con un fabbricato identico (medesime caratteristiche volumetrico-dimensionali, medesimi coefficiente di dispersione volumica e fabbisogno energetico normalizzato), ma servito per le esigenze termiche da un generatore a condensazione alimentato a metano e per le esigenze elettriche dalla rete nazionale (efficienza 40% ai sensi D.M. 27.12.2006 n°311), il risparmio economico prevedibile è pari a 1.100 euro/

anno<sup>5</sup> per quanto attiene alla richiesta termica (riscaldamento ambienti e acqua calda sanitaria) e, dato l'incentivo in scambio sul posto<sup>6</sup>, pari a 1.550 euro/anno relativamente agli usi elettrici (illuminazione, elettrodomestici, ventilazione, raffrescamento).

Occorre infine considerare che dal risparmio così quantificato:

- \_si detrae la spesa per la combustione dei ciocchi di legna, non superiore ai 60 euro/anno<sup>7</sup>;
- \_si aggiunge l'incentivo dovuto all'accesso della produzione solare fotovoltaica al finanziamento in conto energia, corrispondente ad un gettito entrante di circa 3500 euro/anno<sup>8</sup>.

3 costo gasolio: 0,1 Euro/kWh

4 costo elettricità incentivata mediante scambio sul posto: 0,05 Euro/kWh

5 costo metano: 0,085 Euro/kWh

6 costo elettricità incentivata mediante scambio sul posto: 0,05 Euro/kWh

7 costo legna da combustione con umidità inferiore o uguale al 25%: <13 euro/quintale

8 incentivo elettricità prodotta da sistemi fotovoltaici: 0,45 euro/kWh

### **/ BENEFICI AMBIENTALI DERIVANTI DALL' INTERVENTO: SINTESI DEI DATI DI PROGETTO**

Il confronto con la situazione di riferimento permette di fornire con sufficiente precisione l'ordine di grandezza del beneficio derivante dall'intervento in termini di riduzione delle emissioni climalteranti.

Se il termine di paragone è costituito dal primo edificio virtuale definito al punto precedente, è possibile calcolare una riduzione pari a quasi 27 tonnellate all'anno nell'immissione in atmosfera di CO<sub>2</sub>eq.

La riduzione delle emissioni si attesta intorno alle 8 tonnellate annue nel confronto con il secondo fabbricato virtuale precedentemente definito.

Il rigore dell'analisi impone comunque di tenere conto del fatto che tale bilancio non considera le ricadute ambientali negative che un edificio di nuova costruzione comunque implica: data l'occupazione di suolo altrimenti libero e destinabile alla coltura o a verde ricreativo, dato

l'incremento delle opere infrastrutturali di servizio, dato il probabile aumento degli spostamenti privati verosimilmente fondati sull'impiego di combustibili fossili per autotrazione.

L'enorme potenzialità di un tale approccio costruttivo, nelle sue più disparate declinazioni, ivi comprese quelle relative al restauro ed alla ristrutturazione, potrebbe pienamente dispiegarsi soltanto nel momento in cui venisse affiancata da una puntuale opera di dismissione dell'edilizia post-bellica priva di qualità<sup>9</sup> : a fronte di una popolazione di circa 60 milioni di abitanti, l'Italia dispone attualmente di oltre 120 milioni di vani residenziali<sup>10</sup> , dei quali soltanto un quarto è da considerarsi di interesse storico, mentre almeno un sesto non risulta occupato.

### **/ FABBISOGNO SPECIFICO ANNUO, RISPARMIO ECONOMICO E BENEFICI AMBIENTALI NEL PRIMO ANNO DI ESERCIZIO**

Nel primo completo anno di esercizio la proprietà ha dichiarato piena soddisfazione rispetto al comfort abitativo. E' stata sostenuta una spesa elettrica pari a 900 euro/anno, a fronte di: uno sconto ai sensi del finanziamento in regime di scambio sul posto di 650 euro/anno; un incentivo ai sensi del conto energia di 3.650 euro/anno. Di fatto, la proprietà è in attivo di 3.400 euro/anno.

Il bilancio energetico ambientale reale, relativo all'anno 2008, può essere sintetizzato come segue:

**Fabbisogno elettrico specifico complessivo:**

\_24,5 kWh/m<sup>2</sup> anno

**Fornitura elettrica specifica da sistema fotovoltaico:**

\_40 kWh/m<sup>2</sup> anno

Di fatto, se si escludono le ricadute di cui al paragrafo precedente, l'edificio non soltanto non emette in atmosfera un grammo di CO<sub>2</sub>eq, ma concorre alla sostenibilità della rete nazionale attraverso un'immissione di oltre 3.600 kWh/anno.

In realtà, la normale usura dei sistemi suggerisce di considerare significative per la durata minima dei sistemi (20 anni), le seguenti quantificazioni specifiche, a meno di sensibili variazioni nelle abitudini dell'utenza:

**Fabbisogno elettrico specifico complessivo:**

\_28 kWh/m<sup>2</sup> anno

**Fornitura elettrica specifica da sistema fotovoltaico:**

\_36 kWh/m<sup>2</sup> anno

<sup>9</sup> A tal proposito si veda il "manifesto per la rottamazione dell'edilizia post-bellica priva di qualità, il riequilibrio delle aree urbane e il rilancio dell'economia" pubblicato su "L'Architetto", mensile del Consiglio Nazionale dell'Ordine, nel giugno e luglio 2000.

<sup>10</sup> Dal dopoguerra ad oggi la popolazione italiana è passata da 47 a 60 milioni di abitanti; i vani residenziali da 35 a 120 milioni.

Si ringraziano i titolari delle domande di contributo che fornendo il consenso alla pubblicazione dei dati e delle immagini relative agli interventi finanziati hanno permesso la realizzazione di questo volume.

I testi sono stati redatti dai titolari delle domande di contributo o dai progettisti delle opere realizzate che si assumono la responsabilità di quanto esposto.

La Regione Piemonte non è responsabile per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo documento. La riproduzione è autorizzata citando la fonte.