



# SIGS

[Sistema integrato geotermico solare di riscaldamento e  
raffrescamento in logica smart grid]

[Progetto di Ricerca e Sviluppo presentato alla Regione Toscana nell'ambito del BANDO  
FAR.FSC 2014 nel mese di gennaio 2015.]

## Partners

[Toscana Energia Green – Università di Pisa Facoltà di ingegneria – Università di Pisa Facoltà di Scienze –  
CNR – Scuola Superiore Sant'Anna – Terra Energy srl – Samminiatese Pozzi srl]

## Sommario

1. Idea alla base del progetto.....	2
2. Stato dell'arte .....	2
2.1. Pompe di calore geotermiche.....	2
2.2. Sistemi Intelligenti di Gestione Energetica degli Edifici .....	5
3. Obiettivi progetto .....	7
3.1. Obiettivo generale .....	7
3.2. Prospettive di mercato .....	7
3.3. Sostenibilità economico – finanziaria.....	7
3.4. Prospettiva di utilizzazione dei risultati.....	7
3.5. Obiettivi operativi.....	7
...	

## 1. Idea alla base del progetto

Oltre il 55% della domanda generale di energia a livello Europeo è da ascrivere a esigenze di riscaldamento/raffrescamento. Di conseguenza, in particolare nel settore delle basse entalpie, è estremamente importante lo sviluppo di tecnologie innovative che consentano un risparmio energetico e la riduzione di emissioni di gas serra. A tal proposito metodologie che consentono l'integrazione di diverse fonti di energia rinnovabile (solare, geotermico, biomasse etc.) rappresentano un approccio molto promettente per il futuro.

L'utilizzo integrato di fonti rinnovabili per la climatizzazione degli edifici è, attualmente, un settore di ricerca di consistente interesse sia in relazione alla mitigazione dei cambiamenti climatici (e quindi anche per raggiungere gli obiettivi 20-20-20 dell'UE), sia per lo sviluppo industriale in relazione al grande mercato che sottendono.

Il presente progetto propone l'integrazione della fonte geotermica a bassa temperatura, contenuta nel sottosuolo in falde acquifere multistrato e sedimenti, ed il solare fotovoltaico ad integrazione dell'alimentazione elettrica delle pompe di calore (PDC) geotermiche. Per l'estrazione del calore geotermico a bassa profondità si opera su falde acquifere attraverso pozzi di produzione e reiniezione con tecnologie di perforazione e completamento pozzi innovativi.

L'attuale tecnologia delle PDC geotermiche a circuito aperto presenta necessità di innovazione tecnologica nelle tecniche di pompaggio e reiniezione di fluidi in acquifero, per risolvere le problematiche legate al trasporto di solidi (limi e argille), e le problematiche relative alle incrostazioni conseguenti allo scorrimento delle acque di sottosuolo negli impianti (dai pozzi alle PDC).

L'energia termica prodotta dall'impianto dimostratore alimenterà il carico termico-sanitario di un edificio ad uso direzionale e, per risolvere le asincronicità tra produzione e carico e ottimizzare la gestione tecnico-economica dell'intero sistema saranno studiati, messi a punto e realizzati dimostratori di accumuli dell'energia termica estratta.

L'ottimizzazione tecnico economica dell'intero sistema, in logica smart grids, richiede inoltre una gestione razionale ed accurata delle utenze termiche mantenendo alto il benessere psico-fisico degli utenti dell'edificio. Risulta complesso "quantificare" l'impatto che diverse azioni correttive (ad esempio, sull'impianto di riscaldamento/condizionamento) hanno sui livelli di benessere percepito, o quale sia il giusto trade-off tra risparmio dei consumi energetici (elettricità e/o calore) e riduzione del benessere. Saranno, quindi, ideati e messi a punto sistemi ICT innovativi per migliorare l'efficienza dell'edificio, con particolare attenzione ai consumi energetici ed agli impianti di riscaldamento e raffreddamento, facilitando l'integrazione della sorgente geotermica negli impianti preesistenti e migliorando i livelli di comfort percepiti dagli utenti.

## 2. Stato dell'arte

### *2.1. Pompe di calore geotermiche*

Già a qualche metro di profondità, la temperatura del terreno è pressoché costante nel corso delle stagioni e questo fa sì che il sottosuolo, le acque sotterranee e quelle superficiali di laghi e stagni siano più caldi dell'aria ambientale in inverno e più freddi invece in estate. Questa relativa costanza della temperatura del sottosuolo terrestre fa sì che possa essere sfruttata dalle pompe di calore geotermiche che rappresentano dei sistemi adibiti a funzioni di riscaldamento in inverno e raffrescamento in estate.

La pompa di calore è sostanzialmente una macchina termica in grado di trasferire calore da un corpo a temperatura più bassa ad un corpo a temperatura più alta, utilizzando l'energia elettrica come fonte per compiere il lavoro necessario. L'efficienza di una pompa di calore è misurata dal coefficiente di prestazione

“C.O.P.” che è il rapporto tra energia fornita (calore ceduto al mezzo da riscaldare) ed energia elettrica consumata.

Le pompe di calore geotermiche sfruttano il fatto che la temperatura del terreno già pochi metri sotto la superficie si mantiene pressoché costante durante l'arco dell'anno: questo fatto permette di estrarre calore dal terreno d'inverno per riscaldare e di cedere calore al medesimo in estate per condizionare. Il C.O.P. di una pompa di calore geotermica è variabile a seconda del tipo di terreno e delle condizioni di funzionamento ed ha, in genere, valori molto elevati, prossimi a 5.

Esistono impianti a pompa di calore geotermica a "circuito aperto" ed a "circuito chiuso". Gli impianti a circuito aperto sono quelli in cui la sorgente di calore a temperatura pressoché costante è rappresentata da acqua (acqua di falda estratta da pozzi ed eventualmente reiniettata, acqua di fiume, laghi, mare). In questo tipo di impianti, il calore viene estratto dall'acqua o, in modalità raffrescamento, ceduto all'acqua mediante l'impiego di una pompa di calore. Gli impianti a pompa di calore geotermica a circuito aperto presentano una efficienza energetica elevata e costituiscono una soluzione impiantistica che comincia a trovare una larga diffusione soprattutto a livello europeo.

Negli impianti a circuito chiuso un liquido refrigerante viene fatto circolare nel sottosuolo attraverso sonde verticali, trincee superficiali, , serpentine etc. In pratica, il terreno opera come l'evaporatore della pompa di calore. Il liquido refrigerante circola nel sottosuolo all'interno delle sonde, assorbe (o cede) calore dal terreno che presenta temperatura costante durante tutto l'anno, e ritorna al compressore della pompa di calore.

L'uso del terreno o di acqua (di falda, acque superficiali etc.), come sorgente di calore a temperatura quasi costante durante tutto l'anno permette inoltre di utilizzare le pompe di calore in condizioni ambientali estreme, ovvero durante le giornate invernali in cui la temperatura scende sotto gli 0°C e nelle giornate estive in cui la temperatura si avvicina molto o supera i 40 °C. In giornate invernali molto fredde le pompe di calore ad aria ambiente non è garantito il funzionamento creando quindi condizioni di potenziale interruzione del servizio di fornitura di calore quando è più necessario, mentre d'estate è comune l'incapacità di fornire un raffrescamento sufficiente, creando condizioni di forte discomfort.

Nella maggior parte delle installazioni è utilizzato il circuito chiuso, in cui però si potrebbero avere dei problemi di funzionamento a lungo termine quando il calore richiesto in inverno è molto superiore di quello sottratto in estate e viceversa. In questi casi, lo scambio di calore provoca negli anni una variazione della temperatura media del terreno che può causare un suo eccessivo raffreddamento o riscaldamento.

Negli impianti a circuito aperto, la variazione stagionale della temperatura è assente o trascurabile, dato che il movimento sotterraneo degli acquiferi garantisce una dispersione del calore nel sottosuolo in modo più esteso e diffuso. Inoltre lo scambio diretto del fluido con la pompa di calore aumenta l'efficienza dello scambio termico con il sottosuolo che, nel caso delle pompe di calore a circuito chiuso, è limitato dalla conduzione termica del terreno. Tuttavia l'utilizzo diretto delle acque di falda comporta una maggiore attenzione al loro inquinamento e procedure autorizzative più complesse.

Le componenti di un impianto ad energia geotermica sono sostanzialmente tre: una o più pompe di calore normalmente collocate all'interno dell'edificio, un insieme di scambiatori a varie geometrie e studiati per scambiare calore con acqua (circuito aperto) o con il terreno (geosonde, serpentine interrato etc.) ed un sistema di scambio di calore con l'ambiente interno (bocchette d'aria o pannelli radianti).

Tra i Paesi che sfruttano maggiormente la geotermia con pompe di calore, spiccano in particolare gli Stati Uniti, con circa 600.000 pompe di calore installate, la Svezia (60.000 unità), la Cina, la Svizzera (30.000 unità), l'Islanda, la Germania, il Canada, la Norvegia e la Francia.

La diffusione mondiale delle pompe di calore geotermiche è stata determinata da due fattori principali: territori molto estesi a bassa densità di popolazione in cui la distribuzione di gas naturale non è economicamente fattibile a livello capillare (Canada e Norvegia), oppure dove il gas naturale non è

disponibile (Svezia e Islanda), oppure dove la penetrazione della generazione nucleare dell'energia è importante (Francia, Germania, Svizzera). Oggi il quadro di riferimento è cambiato a seguito della grande diffusione della generazione elettrica da fonti rinnovabili che ha creato e sta creando una sovracapacità di produzione in molti paesi europei e non solo. Quindi la generazione di calore con energia elettrica sta acquisendo un'importanza sempre maggiore, anche perché i nuovi concetti di edificio a bassissimo o zero consumo di energia non hanno sistemi di generazione di calore alimentati da combustibili fossili ma da energia elettrica generata in loco con sistemi rinnovabili.

I principali vantaggi dell'installazione di una pompa di calore geotermica rispetto ad un impianto tradizionale ad olio combustibile o a metano possono essere così riassunti:

- Risparmio energetico (considerando un COP = 4, il 25% dell'energia viene fornita dall'elettricità ed il 75% dal calore terrestre).
- Riduzione delle spese per l'acquisto di combustibili fossili. Si considera un risparmio sempre superiore al 50% che varia in funzione del tipo di combustibile considerato (gasolio, GPL, metano).
- Grande beneficio ambientale. Nelle aree urbane in particolare vi può essere un significativo abbattimento di gas serra ed altre emissioni inquinanti (ex: PM10).
- Se integrata con altre fonti energetiche rinnovabili (solare termico, fotovoltaico) ed inserita in edifici ad elevata efficienza energetica, è possibile realizzare edifici a consume energetico nullo.

Dal punto di vista puramente energetico l'utilizzo di una pompa di calore è sempre conveniente rispetto ad una caldaia tradizionale: in linea generale si può affermare che l'utilizzo di una pompa di calore geotermica rispetto ad una caldaia tradizionale comporta un risparmio energetico variabile fra il 40% ed il 60%.

Il progetto si inserisce pienamente in questo filone applicativo ma con alcuni aspetti altamente innovativi che saranno oggetto delle attività incluse negli obiettivi operativi del progetto:

- a) La zona geografica e geologica in cui verrà svolta la ricerca ha la caratteristica di avere più acquiferi a profondità e temperature diverse. È possibile quindi scegliere la temperatura della sorgente di calore geotermica in un ampio range. Questo comporta che la temperatura di riferimento della pompa di calore possa essere ottimizzata in funzione della pompa di calore stessa o anche del suo funzionamento estivo/invernale. Questo tipo di utilizzo è altamente innovativo ed esistono numerose aree geografiche a livello regionale, nazionale e mondiale con caratteristiche simili, che possono garantire la replicabilità dei risultati in altri casi.
- b) L'uso delle falde acquifere a diversa profondità prevede la reiniezione del fluido in modo da non causare variazioni del flusso nell'acquifero e verrà monitorato l'effetto dello scambio termico sulla temperatura delle falde.
- c) L'edificio in cui verrà svolta la sperimentazione sarà dotato di un sistema fotovoltaico per la generazione di energia elettrica e di un sistema di gestione basato sul concetto di smart grid e l'uso della pompa di calore verrà ottimizzato non solo in funzione della temperatura della sorgente geotermica ma anche di un sistema di accumulo termico il cui uso verrà integrato non solo con i fabbisogni termici ma anche con produzione energetica rinnovabile. Saranno studiati, inoltre, dei sistemi domotici per ottimizzare la climatizzazione dell'edificio. Tutta la logica di gestione sarà basata su valutazioni economiche sviluppate dal gruppo di ricerca.
- d) Saranno studiati sistemi di recupero energetici innovativi sul sistema di reiniezione dell'acqua geotermica.

## *2.2. Sistemi Intelligenti di Gestione Energetica degli Edifici*

Negli ultimi anni la riduzione dei consumi energetici degli edifici ha acquisito sempre maggiore rilevanza, e questo ha portato alla progettazione di sistemi intelligenti che utilizzano le tecnologie ICT per ottimizzare la gestione energetica degli edifici, anche noti come BEMS (Building Energy Management Systems).

In generale un BEMS è costituito: i) da una infrastruttura fisica di sensori e attuatori per il monitoraggio di consumi energetici, condizioni climatiche ed ambientali, presenza umana ed attività svolte; ii) da una piattaforma intermedia di servizi ICT che provvede alla raccolta dei dati da sorgenti tra loro eterogenee; e iii) un sistema decisionale che implementa le politiche di risparmio energetico. È opportuno evidenziare che diverse soluzioni sono state proposte per implementare un BEMS, le quali si differenziano per il modello di architettura (centralizzato o distribuito, gerarchico o non gerarchico), i protocolli di comunicazione, la capacità di supportare l'eterogeneità delle tecnologie di monitoraggio, la modularità, e così via. Una delle problematiche più significative nella realizzazione di un sistema BEMS è la modalità di interazione con gli impianti preesistenti. In tale senso, alcune fra le soluzioni più mature attualmente disponibili sono HomeWeb che utilizza il paradigma delle Web of Things per trasferire i dati raccolti ad un server centrale, iPower che utilizza la piattaforma distribuita OSGi (Open Service Gateway Initiative) per garantire l'interoperabilità tra sensori eterogenei.

Il funzionamento di ogni BEMS si basa sulla disponibilità di tecnologie di elaborazione dei dati raccolti che permettano di estrarre quelle informazioni necessarie per l'esecuzione di controlli ottimizzati. Fra le informazioni più importanti che devono essere resi disponibili al sistema BEMS vi è sicuramente la misura dei consumi energetici dei singoli dispositivi elettrici, perché da queste informazioni è possibile costruire dei modelli di utilizzo dei diversi dispositivi che possono permettere di gestire in modo più efficiente le risorse energetiche (rinnovabili o meno) ma anche di offrire servizi innovativi a valore aggiunto (ad esempio diagnostica da remoto). Grazie ai progressi tecnologici recenti sia in ambito delle reti di sensori, sia nell'ambito dell'intelligenza artificiale e dei metodi per l'apprendimento automatico lo sistemi molto accurati per il monitoraggio dei carichi elettrici. Esistono due principali approcci per il monitoraggio di tali schemi: i) ILM, monitoraggio dei carichi in maniera intrusiva; e ii) NILM (o NIALM), monitoraggio dei carichi in maniera non intrusiva. Nel primo caso (ILM) è richiesto un sensore per ogni carico da monitorare. Nel secondo caso (NIALM) si cerca di utilizzare un solo sensore per monitorare e rilevare contemporaneamente lo stato di più carichi. Vi è un chiaro compromesso tra economicità, accuratezza ed intrusività delle diverse tecniche. Infatti, le soluzioni ILM saranno generalmente più costose dato il maggior numero di dispositivi di monitoraggio necessari ma saranno allo stesso tempo capaci di fornire dati più accurati. Le soluzioni di tipo ILM sono facilmente reperibili in commercio, e molteplici sono i prodotti presenti sul mercato quali Kill-A-Watt 3 o Watts UP 4. Tipicamente questi dispositivi misurano il consumo di un carico interponendosi tra esso e la rete elettrica, e per questo motivo sono molto intrusivi per l'utente. Le soluzioni di tipo NILM invece offrono diversi gradi di non intrusività. In particolare le soluzioni chiamate MS-NILM richiedono un setup manuale preliminare da parte dell'utente cui è richiesta l'accensione e lo spegnimento manuale di ogni dispositivo presente nell'edificio, così da facilitare la classificazione di ogni segnale elettrico per poterlo riconoscere successivamente. Le soluzioni di tipo AS-NILM operano in maniera autonoma e sono in grado di identificare i diversi carichi presenti sulla rete senza una fase preliminare di calibrazione. Tipicamente queste soluzioni fanno affidamento sul fatto che ogni carico applicato alla rete elettrica introduce un particolare rumore elettrico che, interpretato come una firma analogica, può essere usato per l'identificazione del carico stesso. Quindi, tramite all'utilizzo di tecniche di machine learning e alle reti neurali è possibile disaggregare misure aggregate di consumi elettrici per identificare i vari carichi attivi. Chiaramente l'accuratezza di queste tecniche dipende dalla frequenza di campionamento dei consumi elettrici oltre che dal numero e tipo di parametri elettrici che vengono misurati (ad esempio corrente istantanea, tensione attiva e reattiva, armoniche di corrente, etc.).

In aggiunta al semplice monitoraggio dei consumi energetici un BEMS deve essere in grado di monitorare anche parametri più complessi e collegati con le condizioni operative dell'edificio. Ad esempio un BEMS dovrà essere in grado di riconoscere o predire la presenza di persone nei vari ambienti dell'edificio, e più in generale di riconoscere le attività svolte dalle persone al fine di impararne i comportamenti e le abitudini.

Diverse tecnologie esistono per riconoscere la presenza di persone in un ambiente interno, quali sensori di movimento, sensori che misurano l'apertura delle porte, sensori di pressione a pavimento, sensori acustici, o telecamere. Tali tecnologie si differenziano in termini del livello di intrusività, del costo, e dell'accuratezza della misura. Ovviamente molto più complesso è il problema di riconoscere e predire le attività svolte dalle persone. La maggior parte delle soluzioni presenti in letteratura sono adatte per essere integrate in BEMS con architetture centralizzate. In particolare le reti bayesiane (BN) ed i modelli di markov nascosti (HMM) sono gli approcci più comunemente utilizzati per gestire l'incertezza intrinseca nei dati dei sensori. Diverse varianti di modelli HMM sono stati proposti in letteratura per modellare e prevedere il comportamento umano in diversi scenari. Una volta che un modello predittivo delle attività umane è disponibile, è possibile realizzare dei sistemi di controllo degli impianti di un edificio di tipo reattivo, cioè che reagiscono istantaneamente ai cambiamenti di condizioni operative senza richiedere complessi sistemi decisionali.

La possibilità di realizzare sistemi autonomi in grado di auto-programmarsi richiede lo sviluppo di tecniche per apprendere le preferenze degli utenti. Ciò è necessario per identificare i livelli di benessere minimo accettabili dall'utente durante il processo di ottimizzazione dei consumi energetici. Tipicamente questi sistemi di apprendimento si basano su feedback espliciti o impliciti. Ottenere feedback espliciti è difficile perché gli utenti difficilmente accettano di fornire feedback (ad esempio compilare un questionario) con la necessaria frequenza. Un approccio che è stato proposto recentemente si basa sulla definizione di strategie per coinvolgere gli utenti che sfruttino applicazioni sociali. A tutto oggi i sistemi di apprendimento basati su feedback impliciti rimangono comunque i più utilizzati. Ad esempio, un BMS può monitorare le interazioni tra gli utenti e gli attuatori per ottenere una valutazione istantanea della politica di risparmio energetico adottata, e meccanismi di apprendimento per implementare politiche di controllo adattive. Terminiamo questa analisi dello stato dell'arte sui BEMS esistenti evidenziando come sia ormai ampiamente accettato che la percezione del benessere psico-fisico della persona all'interno di un edificio si ripercuote fortemente sulla capacità di un BEMS di implementare politiche di efficientamento energetico efficaci. Per questa ragione lo sviluppo di sistemi completamente autonomi che siano in grado di imparare le esigenze e le preferenze delle persone, e di prevedere la sequenza ottimale delle attuazioni da portare avanti per raggiungere gli obiettivi di risparmio energetico prefissati nel rispetto delle esigenze degli utenti, sarà sempre più alla base del successo commerciale dei BEMS.

Questo progetto si inserisce pienamente in questo filone applicativo ma con alcuni aspetti altamente innovativi che saranno oggetto delle attività incluse negli obiettivi operativi del progetto:

- Sarà sviluppato un bus di integrazione che permetterà di monitorare e controllare in modo integrato sia l'impiantistica preesistente (in particolare l'impianto di climatizzazione) che nuove tipologie di sensori e attuatori a basso costo che verranno installati per un monitoraggio più accurato del sistema edificio. Tale bus di integrazione verrà sviluppato utilizzando innovative tecnologie internet ottimizzate per la gestione di oggetti intelligenti.
- Saranno studiati sistemi ICT per permettere: i) una valutazione soggettiva e partecipata del livello di benessere psico-fisico percepito dagli utenti dell'edificio; e ii) per fornire feedback e raccomandazioni agli utenti su quali sono le azioni che, se attuate, possono contribuire maggiormente al raggiungimento degli obiettivi di efficienza energetica prefissati. Un elemento di forte novità delle soluzioni che saranno sviluppate sarà l'abilità di complementare i dati climatici interni ed esterni provenienti dai sensori fisici con i feedback provenienti dagli utenti, che agiranno da "sensori umani" aggiuntivi.
- Saranno studiati dei sistemi ICT per facilitare la classificazione delle prestazioni energetiche ("energy footprint") dell'edificio e delle attività in esso svolte al fine di identificare le cause di inefficienza energetica facilitando l'Energy Manager dell'edificio nel definire politiche di controllo degli impianti preesistenti (impianto di climatizzazione) e di nuova installazione (fonti geotermiche, accumuli termici e pannelli fotovoltaici) allo scopo di massimizzare il rendimento energetico dell'edificio fissato uno specifico obiettivo di comfort dell'utente.

- o La piattaforma BEMS realizzata permetterà una gestione integrata ed autonoma del bilancio energetico di un edificio aventi sorgenti energetiche eterogenee (fonte geotermica e solare fotovoltaico) ed accumuli di calore. In tale ambito, uno degli obiettivi principali perseguiti dal progetto sarà di dimostrare l'abilità della piattaforma di ottimizzare il rendimento di un sistema di climatizzazione esistente alimentato da fonte geotermica.

### 3. Obiettivi progetto

#### *3.1. Obiettivo generale*

Descrivere i benefici del progetto attraverso l'individuazione di obiettivi chiari e misurabili. Studiare, mettere a punto e realizzare un sistema dimostratore in scala reale per la climatizzazione di un edificio ad uso direzionale mediante l'impiego di un sistema geotermico a circuito aperto e fotovoltaico integrato con elevata integrazione energetica basata sulle logiche delle smart grid. Analisi delle implicazioni giuridiche ed economiche relative allo sviluppo di un modello di business che permetta di replicare e proporre sul mercato la soluzione impiantistica oggetto del progetto.

#### *3.2. Prospettive di mercato*

Creazione di una piattaforma altamente configurabile per il rilevamento, l'elaborazione e la trasmissione di dati provenienti da sensori distribuiti risulta avere un mercato potenziale enorme. Uno degli scopi del progetto è, infatti, quello di creare una nuova linea di prodotti per la gestione energetica degli edifici che si caratterizza per gli alti livelli di integrazione e di affidabilità delle sue componenti grazie ai quali è resa possibile la realizzazione e l'offerta di una vasta gamma di servizi avanzati e innovativi nella gestione delle fonti geotermiche e della loro integrazione con gli impianti di climatizzazione esistenti.

#### *3.3. Sostenibilità economico – finanziaria*

Il sistema sarà caratterizzato dal binomio grandi capacità di elaborazione e costi contenuti di installazione e gestione e sarà in grado di essere utilizzato per fornire un servizio integrato in outsourcing di monitoraggio dei consumi energetici, come tale risulta alta la capacità di penetrazione nel mercato

#### *3.4. Prospettiva di utilizzazione dei risultati*

Una volta realizzato l'impianto dimostratore sarà compiuta una valutazione economico-ambientale per supportare la definizione del modello di business per la promozione e lo sfruttamento sul mercato della soluzione progettuale realizzata. Saranno inoltre valutate le implicazioni giuridiche connesse con i potenziali sviluppi applicativi del progetto in vista della sua riproducibilità sul mercato delle energie rinnovabili, valutandone anche il potenziale sfruttamento in favore del patrimonio immobiliare e impiantistico di proprietà pubblica.

#### *3.5. Obiettivi operativi*

- **001 Conoscenze di base geologico-geotermiche e delle specifiche tecniche**

Scopo di questo primo Obiettivo Operativo è quello di svolgere una serie di indagini, sia dal punto di vista teorico che sperimentale, che consentano di acquisire tutti quei dati necessari alla progettazione e realizzazione di un campo pozzi per alimentare un impianto a pompa di calore geotermica a circuito aperto e reiniezione dell'acqua nell'acquifero da cui è stata prelevata. Saranno inoltre raccolti tutti i dati necessari relativi agli impianti tecnici e agli usi (tempi e modi di utilizzazione degli spazi interni) dell'edificio che usufruirà di questa soluzione impiantistica innovativa basata sull'integrazione di diverse fonti di energia rinnovabile.

A valle di questo OO, saranno disponibili tutti i dati necessari alla progettazione e realizzazione di un campo pozzi e di un campo sonde geotermiche, con il quale validare i risultati del progetto.



*Att. 1.1 Acquisire le conoscenze utili sulla geologia, idrogeologia e condizioni geotermiche del sottosuolo dell'area oggetto del progetto.*

*Partners: DST, Terra Energy srl*

In questa fase verrà svolta la raccolta dei dati disponibili relativi al sottosuolo e alla idrogeologia dell'area oggetto del progetto, per poter ricostruire l'andamento della superficie piezometrica e delle caratteristiche litologiche almeno nei primi 200 metri di profondità. Tutti questi dati saranno impiegati per la realizzazione di un modello geologico/idrogeologico concettuale di riferimento. Sulla base di questi risultati saranno estrapolate le specifiche ed i parametri tecnici sulla base dei quali verrà impostato lo sviluppo successivo del progetto e le potenzialità della fonte geotermica.

*Att. 1.2 Selezione dell'edificio e modellazione del suo comportamento e dei suoi impianti.*

*Partners: DESTEC, Toscana Energia Green*

In questa attività Toscana Energia Green selezionerà un edificio, tra quelli a sua disposizione oppure tra quelli dei suoi clienti nell'area di studio, di dimensioni sufficienti a garantire una sperimentazione adeguata della nuova tecnologia. Verranno acquisite le informazioni sugli impianti di climatizzazione esistenti e sul loro uso durante i mesi dell'anno. I dati verranno in parte acquisiti mediante lo studio dei consumi rilevati attraverso i dati contabili e in parte mediante l'acquisizione di dati elettrici e termici in giornate tipo che verranno definite in base all'uso.

A seguito di questa analisi saranno definiti i diagrammi di consumo dell'energia termica ed elettrica in modo da poter creare dei modelli di simulazione del sistema edificio-impianto che verranno utilizzati per lo studio delle possibili soluzioni impiantistiche.

*Att. 1.3 Studio ed ottimizzazione dell'impianto per lo sfruttamento della sorgente geotermica e l'alimentazione dell'edificio.*

*Partners: DESTEC, Toscana Energia Green*

In questa fase verranno studiate tutte le possibili configurazioni per la realizzazione dell'impianto di produzione di energia termica. Per ciascuna configurazione possibile saranno quindi studiati ed ottimizzati i dispositivi per la realizzazione degli schemi come ad esempio pompe di calore, scambiatori di calore, pompe di circolazione e sistemi di accumulo termico. Questo studio permetterà di ottimizzare le prestazioni del sistema di generazione in tutte le modalità di funzionamento, sia estivo sia invernale.

Per ciascuna soluzione sarà sviluppato un business plan che permetterà la scelta dell'impianto tecnicamente ed economicamente più conveniente.

*Att. 1.4 Studio delle potenzialità offerte nel sito prescelto per l'utilizzo di impianti fotovoltaici per l'alimentazione elettrica del sistema di climatizzazione.*

*Partners: DESTEC, Toscana Energia Green*

In questa fase verrà definita l'area disponibile per l'installazione dell'impianto fotovoltaico. Verrà Quindi effettuato il dimensionamento dell'impianto fotovoltaico.

*Att. 1.5 Scelta e dimensionamento di sistemi di accumulo gestionale termico.*

*Partners: DESTEC, Toscana Energia Green*

In questa fase mediante l'uso di metodi di tipo Montecarlo si procederà alla simulazione del funzionamento dell'intero sistema e della sua gestione in termini stocastici per effettuare il dimensionamento della capacità di accumulo termico in relazione ai livelli di rischio di mancata energia nell'accumulo. Scelta della tecnologia di accumulo e specifiche tecniche del sistema.

- **002 - Realizzazione dell'impianto dimostrativo**

Questo secondo OO è dedicato alla realizzazione sul campo delle soluzioni tecnico-impiantistiche ed all'acquisizione dei dati utili alla verifica del funzionamento del sistema e quindi alla validazione del progetto.

Sulla base dei risultati di caratterizzazione della fonte e dell'edificio e del dimensionamento e selezione degli impianti, in questo OO sarà realizzato l'impianto dimostrativo. I partner industriali, con il supporto degli organismi di ricerca, svilupperanno i progetti esecutivi e l'attività di procurement dell'impianto. Verrà quindi effettuata l'installazione e la verifica della funzionalità dell'impianto.

*Att. 2.1 Attività di permitting per la realizzazione dei campi pozzi per alimentare sistemi a pompa di calore. Studio dei materiali di completamento (filtri, drenaggi etc.) di pozzi per captazione e reimmissione di acqua per le pompe di calore geotermiche a circuito aperto;*

*Partners: DST, Terra Energy, Samminiatese pozzi*

Attività di permitting per l'autorizzazione dei pozzi di produzione/reiniezione. Nel caso dei pozzi previsti per l'impianto a ciclo aperto con movimentazione di acqua di falda, saranno studiati opportune pompe e sistemi di eliminazione di solidi (limi, sabbie, argille) in sospensione nelle acque di prelievo e reimmissione, che possono danneggiare doppietti o tripletti di produzione/reiniezione compromettendo quindi la buona riuscita di questo tipo di impianti. In questo ambito, saranno studiati materiali, geometrie dei filtri in pozzo e nuove tecniche di ancoraggio e posizionamento dei filtri che ne favoriscono le operazioni di manutenzione periodica, in modo tale da aumentare l'affidabilità di questo tipo soluzioni con nuove tecniche di controllo a basso costo, non invasive ed impatto ambientale nullo.

*Att. 2.2 Realizzazione di un campo pozzi dimostratore e determinazione delle caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero.*

*Partners: Samminiatese, Terra Energy, Toscana Energia Green, DST*

Realizzazione di un campo pozzi dimostratore a media profondità (150-200 m), con esecuzione di pozzi di prelievo e reiniezione innovativi nelle tecniche di perforazione e completamento, e di un campo sonde geotermiche a circuito chiuso dimostratore. Comparazione costi/benefici rispetto ad un impianto PDC geotermico a circuito aperto. Determinazione delle caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero dalle prove di produzione che verranno svolte sui pozzi. Campionamento fluidi ed esecuzione di log geofisici.

*Att. 2.3 Progettazione esecutiva dell'impianto con scambiatore di calore e reiniezione a recupero e dell'impianto con pompa di calore e di accumulo termico.*

*Partners: DESTEC, DST, Toscana Energia Green*

*Att. 2.4 Realizzazione dell'impianto termico e di accumulo.*

*Partners: DESTEC, DST, Toscana Energia Green*

In questa attività sarà finalizzato lo studio dei sistemi di accumulo termico in funzione dell'uso e delle specifiche tecniche dell'edificio prescelto. Verrà sviluppato il progetto esecutivo con successiva fase di procurement e di installazione e verifica di funzionamento. In questa fase sarà anche messo a punto il sistema di controllo e di gestione del sistema impianto/edificio anche in connessione con le attività previste dall'OO3. Alla fine di questa attività inizierà la fase di raccolta dati e di monitoraggio del sistema per la verifica finale degli obiettivi di progetto.

- **OO3 – Studio, Progetto e Sviluppo di Sistemi ICT per l'Efficienza Energetica del Sistema Edificio**

Questo obiettivo operativo ha come scopo primario quello di progettare e sviluppare il sistema ICT, inteso con piattaforma hardware e strumenti software, che permetta di massimizzare l'eco-sostenibilità del sistema edificio attraverso la razionalizzazione ed ottimizzazione dei consumi energetici fissato il benchmark di confort per gli utenti. In particolare, svilupperemo

- sensoristica a basso costo e facilmente installabile per il monitoraggio di consumi energetici, parametri ambientali (ad es. qualità dell'aria e del microclima) degli ambienti interni, e attività svolte dagli utenti;
- un middleware di comunicazione e gestione dati altamente scalabile ed affidabile che permetta di acquisire ed aggregare in tempo reale i dati catturati dai sensori installati nell'edificio oltre ad interfacciarsi in modo trasparente agli impianti preesistenti;
- metodologie per l'analisi massiva dei dati raccolti, che includano algoritmi di autoapprendimento, al fine di derivare modelli previsionali dell'andamento delle sorgenti energetiche, i profili di consumo energetico di dispositivi ed utenti, e classificare il rendimento energetico degli ambienti interni e degli impianti al fine di identificare le cause di inefficienza energetica;
- strategie di controllo in tempo reale dei consumi energetici, che includano algoritmi di ottimizzazione stocastica per gestire la variabilità ed l'aleatorietà della produzione da fonti energetiche rinnovabili, al fine di massimizzare il rendimento energetico dell'edificio e degli impianti di climatizzazione alimentati da fonte geotermica per i diversi livelli di benessere psico-fisico da garantire agli utenti;
- strumenti ICT che utilizzano tecnologie tipiche del social networking per stimolare la partecipazione degli utenti nella stima del loro benessere psico-fisico percepito oltre a favorire il raggiungimento degli obiettivi di efficienza energetica prefissati anche tramite una maggiore comprensione dell'impatto delle azioni dei singoli utenti sui consumi energetici;

I risparmi energetici delle soluzioni proposte sarà validato in una porzione dell'edificio interessato dall'intervento.

L'obiettivo operativo è suddiviso nelle seguenti attività.

*Att. 3.1: Definizione dell'Architettura del Sistema ICT per la gestione del sistema edificio*

*Partners: CNR-IIT, CNR-ISTI.*

In questa attività verrà definita l'architettura della piattaforma ICT partendo dai requisiti dei servizi da offrire all'energy manager dell'edificio ed ai vari utenti del sistema edificio. In particolare, due sottosistemi principali saranno identificati: il sottosistema di monitoraggio, per la predizione di produzione e consumi, la profilazione degli utenti e degli ambienti interni, e l'identificazione delle anomalie ed inefficienze; ed il sottosistema di controllo, per la definizione dei benchmark, delle strategie di ottimizzazione e degli strumenti di partecipazione degli utenti (feedback e raccomandazioni)

*Att. 3.2: Sviluppo della sensoristica per il monitoraggio dei consumi energetici*

*Partners: CNR-IIT, CNR-ISTI.*

L'obiettivo di questa attività è duplice. Da un lato si vuole ingegnerizzare dei sensori a basso costo che permettano di misurare i consumi energetici in termini di potenza aggregata, sulla base di misure indipendenti di corrente e tensione. Sarà inoltre investigato come stimare il consumo dei singoli dispositivi elettrici sulla base di misure di consumo aggregato fornite da un numero limitato di sensori. Il secondo obiettivo di questa attività è di integrare le diverse tecnologie di sensori utilizzati per il monitoraggio dei

diversi parametri del sistema edificio nelle due principali piattaforme standard per reti di sensori distribuite, e cioè ZigBee e 6LowPAN.

*Att. 3.3: Sviluppo del middleware di comunicazione e gestione di grossi volumi da sensori eterogenei.*

*Partners: CNR-IIT, CNR-ISTI.*

L'obiettivo di questa attività è di realizzare un middleware di comunicazione e di gestione dei dati che permetta l'interoperabilità tra i sensori sviluppati nell'attività 3.2 e gli impianti preesistenti, di acquisire ed aggregare in tempo reale i dati catturati dai sensori in campo, e di controllare attuatori presenti nell'edificio. In particolare, il middleware dovrà supportare una facile configurazione dei dispositivi installati con il minimo intervento umano. Inoltre, esso dovrà supportare la scoperta automatica dei servizi e delle risorse di monitoraggio e controllo che sono offerti dai dispositivi in campo. Infine, piattaforma supporterà diversi paradigmi distribuiti di acquisizione e condivisione dei dati, dai classici modelli di tipo publish/subscribe a più innovative architetture RESTful, facilitando quindi lo sviluppo di applicazioni e servizi innovativi basati sul paradigma dei Web Services.

*Att. 3.4: Algoritmi di analisi dei dati raccolti dai sensori e modelli previsionali*

*Partners: CNR-IIT, CNR-ISTI*

In questa fase saranno definiti modelli informativi per la memorizzazione dei dati raccolti dalle reti di sensori in banche dati al fine di favorire l'integrazione con sorgenti di dati fra di loro eterogenei. Ad esempio verranno integrate le misure dei sensori fisici con i feedback provenienti dagli utenti che vengono così ad agire come "sensori umani" aggiuntivi. Inoltre, verranno utilizzate tecniche efficienti di data mining e machine learning al fine di derivare modelli previsionali dei consumi energetici, individuare e classificare pattern comportamentali ricorrenti degli utenti, indentificare possibile anomalie ed inefficienze. Inoltre, tecniche di machine learning saranno utilizzate per prevedere l'andamento delle sorgenti energetiche, e per classificare le prestazioni energetiche ("energy footprint") di dispositivi, impianti ed utenti al fine di indentificare le cause di inefficienza energetica, ed al tempo stesso predire l'impatto che variazione dei comportamenti degli utenti possono avere sui consumi energetici.

*Att. 3.5: Studio e Sviluppo di servizi ottimizzati per la gestione del sistema edificio*

*Partners: CNR-IIT, CNR-ISTI*

In questa fase verranno sviluppati un insieme di servizi ICT per massimizzare l'efficienza energetica del sistema edificio ed ottimizzare il rendimento energetico del preesistente impianto di climatizzazione alimentato da fonte geotermica. Da un lato saranno sviluppati dei sistemi di supporto decisionale multi-obiettivo di tipo stocastico che sulla base dei modelli previsionali sviluppati nell'Attività 3.4, e dei dati raccolti in tempo reale dai sensori, permetteranno al gestore dell'edificio di massimizzare l'efficienza energetica dell'edificio garantendo dei prefissati livelli di benessere psico-fisico per gli utenti. Inoltre, saranno sviluppati dei servizi innovativi che utilizzino tecnologie di social networking per stimolare la collaborazione degli utenti nel raggiungimento degli obiettivi prefissati. Ad esempio, sarà realizzata una piattaforma di social networking per una valutazione soggettiva e partecipata del livello di benessere percepito. Inoltre, saranno realizzati strumenti per fornire feedback e raccomandazioni agli utenti su quali sono le azioni che, se attuate, possono contribuire maggiormente al raggiungimento degli obiettivi di efficienza energetica prefissati, incentivando l'adozione di questi comportamenti virtuosi.

*Att. 3.6: Progettazione esecutiva e campagna di misure*

*Partners: CNR-IIT, CNR-ISTI.*

In questa fase si procederà alla integrazione dei diversi moduli sviluppati ed all'installazione di un dimostratore all'interno dell'edificio scelto come sito pilota. Inoltre si procederà ad una prima valutazione dei risparmi energetici (stimati dal 15% al 20%) che sono ottenibili grazie all'utilizzo dei servizi sviluppati e all'uso coordinato della fonte geotermica con il solare fotovoltaico. Inoltre saranno valutati la capacità del sistema di gestione degli impianti di climatizzazione di migliorare la percezione del livello di benessere percepito dai singoli utenti rispetto ai tradizionali sistemi basati su setpoint.

- **OO4 – Verifica funzionale e validazione del progetto**

*Att. 4.1: Raccolta e analisi dei dati sperimentali durante il funzionamento dell'Impianto per le verifiche sul regolare funzionamento e sulla potenza disponibile.*

*Partners: DESTEC, Toscana Energia Green*

In questa attività sarà effettuata una verifica funzionale del progetto al fine di determinare i principali parametri di funzionamento e le loro variazioni dovute a modifiche del carico termico e di generazione elettrica fotovoltaica.

*Att. 4.2: Raccolta e analisi dei dati sperimentali su giorni tipo in settimane diverse.*

*Partners: DESTEC, Toscana Energia Green*

In questa attività sarà effettuato un monitoraggio delle prestazioni dell'impianto confrontando i risultati con quelli dell'impianto originario al fine di valutare le differenze e anche di ottimizzare il funzionamento globale dell'impiego di energia fotovoltaica e dell'accumulo termico. I risultati delle prestazioni energetiche saranno poi oggetto di analisi economica all'interno dell'OO6. Il monitoraggio verrà effettuato su giorni tipo diversi per alcune settimane con condizioni metereologiche diverse.

- **OO5 – Analisi e valutazione degli aspetti giuridici (normativi e procedurali) relativi alla realizzazione dell'impianto e ai suoi potenziali sviluppi applicativi**

Scopo di questo Obiettivo Operativo è quello di fornire un corretto inquadramento giuridico della proposta oggetto della ricerca in vista dei suoi potenziali sviluppi applicativi e della sua riproducibilità sul mercato delle energie rinnovabili, anche in favore di edifici di proprietà pubblica.

Ricostruito e definito il quadro normativo di riferimento, finalità precipua di questo obiettivo è quella di fornire una ricostruzione completa della fattibilità giuridica, sia da un punto di vista meramente autorizzativo che urbanistico-ambientale, di impianti come quelli oggetto della presente ricerca, valutandone, inoltre, la possibile realizzazione in favore delle pubbliche amministrazioni per mezzo di procedure di *project financing* di cui all'art. 153 del d.lgs. 163/2006.

L'obiettivo operativo è suddiviso nelle seguenti attività.

*Att.5.1: Descrizione del contesto giuridico di riferimento in materia di sfruttamento delle energie rinnovabili e sul relativo sistema di incentivazione.*

*Partners: Scuola Superiore Sant'Anna, Toscana Energia Green*

In via preliminare lo studio muoverà da una ricognizione sistematica del quadro normativo del settore delle energie rinnovabili, con particolare riferimento all'utilizzo delle risorse geotermiche e di quelle fotovoltaiche, in una prospettiva multilivello (partendo dalla disciplina europea fino ad arrivare a quella regionale).

Obiettivo di questa prima fase sarà quello di analizzare il contenuto ed il funzionamento, sotto il profilo amministrativo, dei meccanismi di incentivazione all'utilizzo delle risorse energetiche rinnovabili geotermiche e fotovoltaiche, valutando i pregi e le criticità che fino ad oggi si sono manifestate in relazione alla loro applicazione, prospettando soluzioni possibili per un utilizzo più razionale ed efficiente degli stessi.

*Att. 5.2: Studio e analisi dei profili autorizzatori e concessionari relativi allo sfruttamento dell'energia fotovoltaica e all'attività di ricerca e coltivazione delle risorse geotermiche.*

*Partners: Scuola Superiore Sant'Anna, Toscana Energia Green*

L'obiettivo di questa attività è quello di analizzare i profili giuridici connessi con la fattibilità di impianti analoghi a quello oggetto della presente ricerca, in particolare sotto il profilo della loro riproducibilità sul mercato delle *green technologies*.

Oggetto di questo intervento sarà dunque quello di ricostruire il quadro legislativo e regolamentare relativo allo sfruttamento dell'energia fotovoltaica nonché alla ricerca e coltivazione delle risorse geotermiche, guardando in particolare, in relazione a quest'ultima, alla diversificazione operata dal legislatore tra interventi di alta, media e bassa entalpia; tra interventi di interesse nazionale, quelli di interesse locale e quelli per piccole utilizzazioni locali.

La legislazione di riferimento risulta infatti articolata su più livelli, distribuendo le competenze amministrative inerenti le funzioni concessorie ed autorizzative tra i diversi enti territoriali (Stato, Regioni, enti locali).

Ulteriore obiettivo dell'attività sarà quello di analizzare e valutare le potenziali connessioni ed interazioni che, la realizzazione di simili impianti, può determinare in relazione alla pianificazione urbanistica e alle disposizioni di impatto ambientale (valutazione di incidenza e di impatto ambientale) al fine di individuare in via preventiva, in ragione della tipologia e della potenza impiantistica, le soluzioni procedurali concretamente esperibili per la loro effettiva realizzazione ed utilizzazione, nonché gli enti pubblici amministrativamente competenti.

*Att. 5.3: Gli obblighi di efficientamento energetico a carico delle pubbliche amministrazioni: fruibilità delle procedure di project financing in favore degli edifici pubblici.*

*Partners: Scuola Superiore Sant'Anna, Toscana Energia Green*

Sia il legislatore europeo che quello nazionale hanno sancito, anche in capo alle amministrazioni pubbliche, precisi obblighi di razionalizzazione dei consumi energetici e di abbattimento delle emissioni inquinanti che impongono alla stesse l'onere di individuare soluzioni tecniche e contrattuali idonee a far fronte alle criticità insite in un patrimonio impiantistico ed immobiliare spesso energeticamente inefficiente ed economicamente dispendioso.

Alla luce di tali considerazioni scopo di questa attività sarà dunque quello di analizzare e valutare l'esperibilità dell'istituto del *project financing* per la progettazione, realizzazione e successiva gestione di impianti che, anche grazie allo sfruttamento integrato di energie rinnovabili, come quello oggetto di sperimentazione, sono finalizzati al soddisfacimento del fabbisogno energetico di edifici pubblici e ai connessi servizi di gestione e manutenzione.

Al fine di studiarne l'effettiva fruibilità in favore del patrimonio immobiliare pubblico dovrà essere valutata la concreta applicabilità del ricorso all'istituto della finanza di progetto analizzando le conseguenze applicative e procedurali legate alle diverse discipline previste dal Codice dei contratti pubblici con riferimento all'affidamento di lavori e a quello dei servizi.

Oggetto preliminare di analisi, partendo dall'esperienza concreta dell'impianto "dimostratore", saranno i meccanismi esperibili per il finanziamento e la remunerazione di simili interventi in favore delle amministrazioni pubbliche.

L'attività si concluderà infine con la predisposizione di una soluzione procedimentale (che parta dalla fase di predisposizione di una proposta tecnica e contrattuale fino alla procedura di gara per l'individuazione del soggetto concessionario) e contrattuale utile ai fini della sua potenziale riproducibilità in favore delle pubbliche amministrazioni, in cui siano attentamente valutati i profili giuridici connessi al rapporto contrattuale che vincolerà l'amministrazione al soggetto promotore anche con riferimento all'utilizzazione dell'energia prodotta dall'impianto, all'oggetto delle prestazioni accessorie (servizi di fornitura e di manutenzione), alla corretta allocazione del rischio contrattuale per la realizzazione dell'intervento, ai connessi risparmi conseguibili dall'ente pubblico.

- **OO6 – Valutazione degli aspetti economico-ambientali per supporto alla definizione del modello di business associato alla soluzione impiantistica sviluppata**

Ha lo scopo di realizzare una valutazione economico-ambientale per supportare la definizione del modello di business per la promozione e lo sfruttamento sul mercato della soluzione impiantistica sviluppata nel progetto. Tale obiettivo prevederà prima la realizzazione di un'analisi delle prestazioni economico-ambientali connesse all'implementazione della soluzione impiantistica oggetto del progetto per valutarne la convenienza sia in termini degli impatti ambientali evitati sia di riduzione dei costi associati. Successivamente i risultati dell'analisi prestazionale saranno integrati nel processo di definizione del relativo modello di business.

*Att. 6.1: analisi LCA-LCC della soluzione impiantistica sviluppata.*

*Partners: Scuola Superiore Sant'Anna, Toscana Energia Green*

L'analisi delle prestazioni economico-ambientali connesse all'implementazione della soluzione impiantistica sviluppata si articolerà in due fasi. 1) Realizzazione di un'analisi del ciclo di vita o Life Cycle Assessment (LCA) relativa al sistema per la climatizzazione di un edificio mediante l'impiego di un sistema geotermico a circuito aperto e fotovoltaico integrato con elevata integrazione energetica basata sulle logiche delle smart grid. Tale analisi permette di valutare l'impatto ambientale di prodotti, processi e servizi considerando tutti gli input e gli output ad essi connessi. In questo contesto l'analisi LCA avrà lo scopo di valutare come l'impatto ambientale connesso al ciclo di vita dell'edificio vari al variare della fonte di energia utilizzata per la fase d'uso.

2) Identificazione, in maniera complementare a quanto fatto relativamente agli aspetti ambientali con l'analisi LCA, delle principali fonti di costo in un'ottica di ciclo di vita utilizzando la metodologia del Life Cycle Costing (LCC) e di identificare quindi i possibili interventi da attuare, sia di natura tecnica che gestionale, per la riduzione dei costi relativi al sistema studiato. La metodologia LCC verrà applicata in tre step successivi, secondo la classificazione fatta da Hoogmartens et al (2014):

- a) Financial LCC: Includendo i soli costi interni (fra cui i costi di progettazione, costruzione, avviamento, gestione e fine vita del sistema oggetto del progetto)
- b) Environmental LCC: Includendo i costi interni e i costi internalizzati
- c) Full environmental LCC: Includendo sia i costi interni che i costi esterni (dove i costi esterni derivano da una monetizzazione delle esternalità ambientali già quantificate dall'analisi LCA).

*Att. 6.2: Definizione di un modello di business per la promozione della soluzione impiantistica sul mercato*

*Partners: Scuola Superiore Sant'Anna, Toscana Energia Green*

Verrà definito un modello di business che permetta di replicare e proporre sul mercato la soluzione impiantistica oggetto del progetto. La definizione del modello di business prevederà un'analisi preliminare di esperienze analoghe a livello nazionale e internazionale in cui si prenderanno in considerazione i differenti modelli di business adottati e i modelli di generazione delle ricadute sul territorio. Tale analisi sarà realizzata attraverso l'attività di desk research, la conduzione di intervistee/o indagine questionarie tra gli operatori di settore. A seguito di tale analisi preliminare e dell'acquisizione dei risultati delle analisi LCA e LCC svolte nell'attività 6.1, il percorso per la definizione del modello di business si articolerà nelle seguenti fasi. 1) Identificazione del segmento di mercato in cui introdurre la soluzione impiantistica sviluppata attraverso la definizione di soluzioni che tengano conto della destinazione principale (commerciale e residenziale) degli edifici oggetto dell'intervento. 2) Definizione del valore/benefici offerti ai clienti, precedentemente identificati, attraverso la descrizione dei servizi e dei vantaggi associati alla soluzione impiantistica offerta. 3) Definizione dei canali con cui veicolare il valore offerto ai clienti attraverso la soluzione impiantistica oggetto del progetto. 4) Analisi e definizione delle relazioni con i clienti anche tenendo conto dell'esperienza acquisita da Toscana Energia Green nella definizione dell'offerta per il settore dei servizi energetici. 5) Identificazione e valutazione dei potenziali ricavi derivanti dall'offerta della nuova soluzione impiantistica. 6) Identificazione e definizione delle risorse chiave per promuovere sul mercato la soluzione impiantistica sviluppata nel progetto: risorse umane, risorse finanziarie, risorse tecniche, ecc.. 7) Identificazione e definizione delle attività chiave per la realizzazione e personalizzazione

della soluzione impiantistica sviluppata. 8) Identificazione di eventuali partnership con altre aziende e/o enti di ricerca per ridurre costi e rischi associati e per condividere competenze e strumentazione tecnica. 9) Valutazione dei costi necessari all'acquisizione delle risorse chiave, alla realizzazione delle attività chiave e all'attivazione di partnership.

.....