

POLITECNICO DI MILANO

Corso di Laurea in Architettura
Scuola di Architettura e Società
Facoltà: Progettazione Architettonica



L'EFFICIENZA ENERGETICO-AMBIENTALE E MISURE DI INCENTIVAZIONE

**“Monitoraggio di un programma di efficienza energetica in
Regione Lombardia”**

Relatore : Michela Buzzetti

Correlatore : Massimiliano Manfren

Matteo Romano

Matricola n°: 771383

Anno Accademico 2012/2013

INDICE

| | |
|--|-----------|
| Introduzione | 5 |
| 1 Quadro normativo | 8 |
| 1.1 Linee guida a livello comunitario..... | 8 |
| 1.2 Normativa nazionale | 16 |
| 2 Stato dell'arte delle tecnologie incentivate: la caldaia ad alta efficienza e il solare termico | 24 |
| 2.1 Impianti di riscaldamento: la caldaia ad alta efficienza | 26 |
| 2.2 Impianti solari termici..... | 28 |
| 3 Programmi di incentivazione e politiche energetiche | 31 |
| 3.1 La situazione in Europa | 31 |
| 3.2 Regione Lombardia: programmi e progetti per l'efficienza energetica | 35 |
| 4 Quadro Sinottico dei bandi analizzati | 38 |
| 4.1 Sostituzione delle caldaie a gasolio con gas naturale..... | 40 |
| 4.2 Diffusione di impianti ad energia solare | 47 |
| 5 Struttura del database e metodologia d'analisi | 55 |
| 5.1 Descrizione dell'architettura del database | 58 |
| 5.2 Elaborazione dei dati..... | 64 |
| 5.2.1 Impianti a metano | 64 |
| 5.2.2 Impianti solari termici..... | 70 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 5.3 | Assunzioni per le elaborazioni dei dati | 76 |
| 5.3.1 | Approfondimento per le elaborazioni relative agli impianti solari termici | 82 |
| 5.3.2 | Il valore attuale netto (VAN) | 85 |
| 6 | Analisi dei dati..... | 96 |
| 6.1 | Sostituzione di caldaie a gasolio con caldaie a gas naturale | 97 |
| 6.1.1 | Elaborazione dei dati..... | 98 |
| 6.1.2 | Indicatori economici e energetico-ambientali totali..... | 100 |
| 6.1.3 | Indicatori economici e energetico-ambientali medi e medi pesati..... | 103 |
| 6.1.4 | Valore attuale netto (VAN) | 104 |
| 6.2 | Implementazione del sistema con impianto solare termico..... | 109 |
| 6.2.1 | Elaborazione dei dati..... | 109 |
| 6.2.2 | Indicatori economici e energetico-ambientali totali..... | 112 |
| 6.2.3 | Indicatori economici e energetico-ambientali medi e medi pesati..... | 118 |
| 6.2.4 | Valore attuale netto (VAN) | 121 |
| 7 | Approfondimenti e considerazioni..... | 125 |
| 7.1 | Sostituzione delle caldaie a gasolio con quelle a gas naturale | 126 |
| 7.2 | Diffusione di impianti a energia solare | 131 |
| 7.3 | I due interventi d'incentivazione a confronto..... | 134 |
| | Conclusioni | 138 |
| | Indice delle tabelle..... | 144 |
| | Indice delle figure | 149 |
| | Appendice: esempi rappresentativi dei Database finali | 152 |
| | Bibliografia..... | 160 |

Introduzione

In un quadro generale molto complesso e articolato dove l'efficienza energetica e la sostenibilità ambientale sono ormai da anni argomento di dibattito a livello mondiale, i paesi della Comunità Europea sono alla continua ricerca di piani e strategie utili per raggiungere gli impegni presi con il "Protocollo di Kyoto". Tale protocollo impegna i Paesi sottoscrittori ad una riduzione quantitativa delle proprie emissioni di gas ad effetto serra rispetto ai propri livelli di emissione del 1990.

L'attuale sfida per le politiche energetiche consiste nel trovare il giusto equilibrio tra la richiesta di disponibilità di energia espressa dai settori produttivi e l'esigenza della tutela dell'ambiente. La pianificazione energetica si pone, infatti, al servizio di diverse politiche settoriali, inerenti ad esempio all'industria, ai trasporti, all'agricoltura, alla gestione dei rifiuti o all'edilizia, e nel contempo non può prescindere dalle pressioni che la produzione ed il consumo di energia generano sull'ambiente. Tali pressioni possono innescare problemi a scala globale, come i cambiamenti climatici determinati dalle emissioni di gas serra, o a scala locale, come la scarsa qualità dell'aria dovuta alle emissioni di inquinanti in atmosfera. Il sistema energetico è costituito da un lato dalla produzione (l'offerta) e dall'altro quello del consumo finale (la domanda). Quest'ultimo include l'uso di energia termica ed elettrica per usi civili che vengono prodotte con diverse fonti che possono essere fossili, come ad esempio i prodotti petroliferi, o rinnovabili.

A livello nazionale, negli ultimi anni, sono state introdotte politiche mirate e promosse incentivazioni riguardanti l'efficienza energetica e la diffusione dei sistemi per l'uso delle fonti di energia rinnovabile. Un ruolo importante in questo panorama è svolto dalle Regioni che, nonostante un quadro legislativo complesso e molto articolato, hanno la possibilità di finanziare questo tipo di iniziative tramite incentivazioni e fondi dalla Comunità Europea.

Regione Lombardia, da questo punto di vista, rappresenta una delle eccellenze nello scenario nazionale e negli ultimi anni ha promosso numerose iniziative che hanno coinvolto un ampio spettro di tecnologie e sistemi, collocandola tra le regioni italiane che hanno riportato i migliori risultati in termini di aumento dell'efficienza energetica. La Lombardia da sola ha un ruolo determinante rispetto

ai consumi nazionali, comportando da sola quasi il 20% dei consumi negli usi finali. Fino al 2005 la tendenza dei consumi è stata di leggera crescita, dal 2006, invece, si è evidenziata una diminuzione continua.

Negli ultimi anni, a seguito di un accordo con il Ministero dell'Ambiente, la Regione Lombardia ha promosso numerose iniziative per l'efficienza energetica, l'uso dell'energia rinnovabile e, in generale, lo sviluppo tecnologico. Gli ambiti di intervento sono stati vari tra cui i sistemi di riscaldamento efficienti a gas naturale, gli impianti solari termici, il teleriscaldamento e gli impianti a biomasse, i biocarburanti a basso impatto ambientale, l'idrogeno negli impianti sperimentali, la mobilità sostenibile, l'efficienza energetica nel settore edilizio.

A seguito della realizzazione dei progetti finanziati all'interno dell'accordo tra Regione Lombardia e il Ministero dell'Ambiente, è stata finanziata una campagna di monitoraggio, effettuata dal Politecnico di Milano, con lo scopo di analizzare criticamente i risultati ottenuti e utilizzare le informazioni per eventuali programmi e progetti futuri.

La tesi qui presentata si è focalizzata su due degli ambiti esaminati nell'attività di monitoraggio, ovvero la sostituzione di caldaie a gasolio con caldaie a metano e la diffusione degli impianti solari termici. Il lavoro svolto ha comportato la raccolta, l'analisi, l'elaborazione dei dati relativi a tali ambiti andando a valutare gli aspetti tecnici, energetici ed ambientali delle due tecnologie sopra riportate e in particolare andando a individuare gli effetti ed i benefici ottenuti sia dal punto di vista della pubblica amministrazione e che degli investitori. Oltre ad analizzare singolarmente i due ambiti si è cercato di individuare i benefici finali, mettendo a confronto i risultati ottenuti.

Il consumo di energia per il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria rappresenta una delle voci principali nel bilancio energetico regionale e una delle principali cause di inquinamento ambientale, a causa delle emissioni dovute ad esso. Da questo punto di vista, la sostituzione di caldaie a gasolio con caldaie a gas naturale ad alta efficienza rappresenta uno dei modi più efficaci per ridurre la domanda di energia primaria e le emissioni correlate alla produzione energetica, ma anche per sostenere la transizione dai combustibili derivati dal petrolio a combustibili meno inquinanti come il gas naturale. Anche la diffusione degli impianti solari termici, rappresenta una buona strada per ridurre sia i consumi che i fattori inquinanti del settore edilizio utilizzando la fonte rinnovabile solare.

L'attività di monitoraggio ha portato alla creazione di un database per ogni ambito trattato, realizzato in seguito alle seguenti fasi di lavoro:

- raccolta e verifica dei dati degli interventi incentivati;
- determinazione e definizione dei campi presenti nel database, delle assunzioni considerate nel corso delle analisi e delle semplificazioni che si sono rese necessarie al fine di colmare alcune lacune in merito alla disponibilità e all'attendibilità dei dati e delle analisi statistiche condotte;
- descrizione e interpretazione dei risultati ottenuti nell'ottica della verifica dell'efficacia energetico-ambientale dei contributi corrisposti da parte dell'amministrazione pubblica e dei benefici dell'investitore pubblico o privato.

In una prima fase, il lavoro si è concentrato in particolar modo sullo sviluppo del database riguardante la sostituzione delle caldaie a metano e successivamente sull'analisi di confronto tra i risultati nei due ambiti di intervento.

I risultati ottenuti, più che fine a se stessi, potranno trovare maggiore significato nel quadro complessivo delle iniziative in ambito energetico-ambientale che da tempo Regione Lombardia sta mettendo a punto e intenderà promuovere nel prossimo futuro. Il Database proposto potrà essere un prezioso strumento di supporto nel quadro delle numerose attività messe in campo da Regione Lombardia in merito agli innovativi sistemi informativi dedicati al bilancio e alla pianificazione energetica.

I dati desunti dalle analisi mostrano come la Regione Lombardia abbia ottenuto dei risultati positivi che consentono di ipotizzare future iniziative volte a promuovere nuovi progetti d'incentivazione utili alla valorizzazione delle tecnologie individuate come maggiormente vantaggiose. L'analisi presentata nella tesi ha quindi lo scopo di fornire, attraverso la descrizione di uno specifico caso studio, una metodologia di valutazione dei progetti di incentivazione, al fine di ottimizzare l'uso delle risorse economiche destinate a questo tipo di iniziative.

1 Quadro normativo

La normativa riguardante la qualità energetica degli edifici è un problema che parte da lontano e trova le sue origini, in ambito europeo, prima dalla direttiva CEE n°93/76 e poi, sempre in ambito europeo nasce l'importante strumento di programmazione energetica del settore edilizio: la Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico degli edifici. Questa direttiva richiama, in modo perentorio, la necessità non più prorogabile di adottare e di applicare strumenti di valutazione delle prestazioni energetiche di tutti gli edifici, sia quelli nuovi che quelli esistenti. La direttiva, come si vedrà in dettaglio successivamente, richiede agli stati membri europei di provvedere affinché gli edifici di nuova costruzione e gli edifici esistenti che subiscono ristrutturazioni significative, soddisfino requisiti minimi di rendimento energetico, cioè sia tenuta sotto controllo "la quantità di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio, compresi, fra gli altri, il riscaldamento e il raffreddamento".

1.1 Linee guida a livello comunitario

Politica energetica dell'Unione Europea

Negli ultimi anni si è notevolmente intensificato il dibattito europeo sugli obiettivi e gli strumenti delle politiche energetiche. È cresciuta, infatti, la preoccupazione per gli alti prezzi del petrolio e del gas naturale, per la dipendenza dei paesi dell'Unione Europea dalle importazioni d'idrocarburi provenienti da un numero limitato di paesi e per il riscaldamento del pianeta.

Per far fronte a queste sfide, l'UE ha avanzato numerose proposte che convergevano nella strategia detta del "20 - 20 - 20 entro il 2020", che prevedeva:

- Riduzione del 20% delle emissioni di CO₂ rispetto ai livelli del 1990;
- Aumento dell'efficienza energetica pari al 20% del consumo totale di energia;
- Incremento della quota del consumo energetico proveniente dalle energie rinnovabili fino al 20% del totale.

Inizialmente, le priorità della politica energetica dell'Unione Europea (UE), erano indicate nel Libro verde sull'energia pubblicato dalla Commissione europea nel 2006. Esse sono:

- a) Garantire la sicurezza degli approvvigionamenti energetici;
- b) Limitare la dipendenza dalle importazioni d'idrocarburi;
- c) Coniugare le politiche energetiche con il contrasto al cambiamento climatico;

Alla luce di queste priorità, il 10 gennaio 2007 la Commissione ha definito un pacchetto integrato di misure (il cosiddetto 'pacchetto energia') che istituiva la Politica energetica europea.

Le proposte della Commissione sono state appoggiate dai capi di stato e di governo dell'Unione, i quali, in occasione del Consiglio Europeo del marzo 2007, hanno ufficialmente lanciato la cosiddetta strategia del "20 - 20 - 20 entro il 2020", spiegata precedentemente.

La Commissione ha elaborato poi numerose proposte di attuazione di questi obiettivi, la maggior parte delle quali sono contenute nel "*pacchetto energetico - climatico*" del 23 gennaio 2008. Il triplice obiettivo summenzionato non è stato rimesso in discussione, ma si è assistito al tentativo di ridurre la portata delle proposte della Commissione per venire incontro alle richieste del settore industriale, preoccupato dei costi delle misure previste anche alla luce della crisi economica che c'era e che c'è tuttora.

Le politiche energetiche in Europa, sono nate dal fatto che l'Unione Europea non arriva a produrre nemmeno la metà dell'energia che consuma. È quindi costretta a importare dall'estero circa il 54% del proprio fabbisogno, una percentuale che sembra destinata a salire fino al 70% nel 2030 se le cose rimangono invariate.

Il petrolio rappresenta la fetta più consistente delle importazioni totali di energia (60%), seguito dal gas (26%) e dal carbone (13%), mentre le risorse rinnovabili e l'elettricità si attestano sotto all'1%¹.

La dipendenza energetica dall'estero non costituisce di per sé un serio problema, ma tende a divenirlo nella misura in cui, in un contesto di crescente competitività globale, le risorse energetiche si concentrano in pochi paesi produttori, o di

¹ Cecchi A., La politica energetica dell'Unione Europea, 2009.

transito, retti da regimi politici relativamente instabili o non democratici (è questo il caso di petrolio e gas naturale).

L'UE deve cercare di risparmiare energia per ridurre la sua dipendenza dalle importazioni da paesi terzi e per maggior rispetto dell'ambiente. A questo scopo, serve una politica volta a una maggior efficienza energetica che comporterà un risparmio non trascurabile sulle spese energetiche delle famiglie.

Questa politica è stata adottata anche grazie alla Strategia di Lisbona.

Un capitolo specifico del trattato, dedicato all'energia, definisce i principali ambiti e gli obiettivi generali della politica energetica: funzionamento del mercato dell'energia, sicurezza dell'approvvigionamento energetico, efficienza e risparmio energetico, sviluppo di energie nuove ed interconnessione delle reti. Viene introdotto per la prima volta il principio di solidarietà, per far sì che un paese che si trovi in gravi difficoltà, per quanto riguarda l'approvvigionamento energetico, possa contare sull'aiuto degli altri Stati membri.

Protocollo di Kyoto, Copenaghen 2009 e oggi

Il 9 maggio 1992 venne redatta a New York la Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici delle Nazioni Unite (UNFCCC), firmata in giugno dai maggiori governi del mondo in occasione della Conferenza Mondiale su Ambiente e Sviluppo (il famoso *Earth Summit* di Rio de Janeiro). Si mosse così il primo passo per affrontare in maniera globale uno dei più importanti e urgenti problemi ambientali. La Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici, entrata in vigore 21 marzo del 1994, fu il primo accordo internazionale diretto a ridurre le emissioni di gas serra.

I paesi che sono Parti alla Convenzione si incontrano annualmente in occasione della COP - Conference of the Parties -, per confrontarsi sulle politiche in atto e sviluppare nuove strategie utili ad affrontare il problema del riscaldamento globale.

Questa Convenzione ha tuttavia un carattere d'indirizzo e stimolo, per cui, le modalità di attuazione non sono espresse in termini di azioni concrete e soprattutto, non presenta precisi obblighi da rispettare.

Per dare un maggior impulso alle politiche sul cambiamento climatico, e imprimere una maggiore spinta operativa ai governi dei paesi industrializzati, fu

adottato il Protocollo di Kyoto, che integrando la Convenzione Quadro stabilisce impegni di riduzione ben distinti per ogni paese.

Quindi il Protocollo di Kyoto, è l'unico accordo internazionale vincolante, diretto a ridurre le emissioni dei gas effetto serra, ritenuti tra i principali responsabili del riscaldamento del pianeta. E' stato approvato dalla Conferenza delle Parti nella sua terza sessione plenaria, tenutasi a Kyoto dall'1 al 10 dicembre 1997.

Questo Protocollo, indica gli obiettivi internazionali per la riduzione di sei gas ad effetto serra, e impegna i Paesi industrializzati e quelli ad economia in transizione (i Paesi dell'Est europeo) a ridurre, complessivamente del 5,2% rispetto ai valori del 1990, le principali emissioni antropogeniche di gas capaci di alterare l'effetto serra naturale del nostro pianeta nel periodo 2008-2012. I sei gas serra regolati dal Protocollo di Kyoto sono: l'anidride carbonica (CO₂), il metano (CH₄), l'ossido di azoto (NO_x), gli idrocarburi fluorati (HFC), gli idrocarburi perfluorati (PFC) e l'es fluoruro di zolfo (SF₆). Per i primi tre gas l'anno di riferimento per la riduzione è il 1990, mentre per gli altri tre è il 1995. E' anche previsto lo scambio (acquisto e vendita) di quote di emissione di questi gas.

Perché il trattato potesse entrare in vigore, si richiedeva che fosse ratificato da non meno di 55 nazioni firmatarie, e che le nazioni che lo avessero ratificato producessero almeno il 55% delle emissioni inquinanti. Quest'ultima condizione è stata raggiunta solo nel novembre del 2004 quando anche la Russia ha perfezionato la sua adesione. Nessuna limitazione è stata prevista per i paesi in via di sviluppo in modo da non ostacolare il loro progresso socio-economico. Il trattato è entrato in vigore nel febbraio del 2005. Nel dicembre del 2006 gli stati aderenti erano 169.

L'UE si è impegnata a ridurre dell'8% (rispetto ai livelli del 1990) i gas a effetto serra nel periodo compreso tra il 2008 e il 2012. Tuttavia, tale obiettivo non sembra essere alla portata degli stati membri, in particolare dei paesi dell'Europa centro-orientale.

Il Protocollo di Kyoto è scaduto nel 2012, e quindi le nazioni della COP si sono incontrate nella Conferenza di Bali, svoltasi nel dicembre del 2007 (COP13) decidendo che all'incontro di Copenaghen del 2009, si sarebbe raggiunto un accordo vincolante da parte di tutte le nazioni in continuazione del protocollo di Kyoto.

Quindi nel dicembre del 2009, a Copenaghen, si è tenuta la 15esima Conferenza delle Parti della Convenzione ONU sui cambiamenti climatici, chiamata COP15, dove i rappresentanti di 193 nazioni hanno discusso e deciso sul futuro del pianeta. Scopo della conferenza era quello di definire un accordo mondiale, legalmente vincolante onnicomprensivo sui cambiamenti climatici per il periodo successivo al 2012, al fine di evitare l'aumento della temperatura media globale di oltre 2 °C al di sopra dei livelli pre-industriali.

Per raggiungere questo obiettivo i paesi industrializzati (primo fra tutti gli USA che non avevano ratificato il protocollo di Kyoto e uno dei maggiori responsabili assieme alla Cina delle emissioni dei gas serra), avrebbero dovuto ridurre drasticamente le emissioni di CO₂ e fornire il supporto finanziario necessario ai paesi in via di sviluppo, per intraprendere un percorso di energia pulita. Ogni accordo doveva essere sancito in un trattato giuridicamente vincolante. Cosa che non è avvenuta. Infatti si è trattato di un accordo inesistente, niente di vincolante né a livello politico né a livello legale. Le decisioni prese hanno stabilito solo che non si doveva superare la soglia di 2°C come aumento massimo delle temperature, ma non si è parlato di come questo doveva avvenire.

Tutto è stato rimandato alla successiva conferenza sul clima che si è tenuta a novembre 2010 in Messico, mentre è stata rinviata a febbraio 2010 la notifica delle misure da adottare per ridurre le emissioni di gas serra nel periodo 2012-2020.

Ma anche nelle successive conferenze nulla è stato definito con precisione, il risultato sostanziale sembra essere solo una proroga dei termini del Protocollo di Kyoto per i Paesi che lo firmarono e un'adesione formale per gli altri (USA, Cina, India e Brasile in testa). C'è solo un punto chiaro in questo accordo: i finanziamenti. 30 miliardi di dollari nel triennio 2010-2012, più altri 70 entro il 2020 ai Paesi più deboli che già devono cominciare a combattere le conseguenze climatiche dell'effetto serra.

Pochi esiti positivi anche nei successivi: COP16 a Cancun, Mexico, 2010; COP17 a Durban, Sudafrica, 2011; COP 18 a Doha, Qatar, 2012; dove sono state intraprese decisioni sommarie e poco puntuali mirate solo a prorogare le decisioni. In alcuna si definisce quindi obiettivi immediati di taglio di emissioni e si prevede limiti temporali troppo lontani, dato che la scienza è concorde nel sostenere che le emissioni di gas serra dovrebbero essere ridotte entro il 2020, e non a partire dal

2020. Entro il 2015 dovrà essere definito un “nuovo protocollo, un altro strumento giuridico o concordato” che contenga impegni vincolanti per la riduzione delle emissioni, che dovranno essere attuati entro il 2020.

Direttiva 2002/91/CE

La direttiva a livello europeo che guarda il rendimento energetico nell'edilizia, è la Direttiva 2002/91/CE del 16 dicembre 2002 del Parlamento e del Consiglio Europeo. L'obiettivo di questa, è quello di promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nella Comunità Europea, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne e anche delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficienza sotto il profilo dei costi.

Le disposizioni in essa contenute riguardano:

- 1) Il quadro generale di una metodologia per il calcolo del rendimento energetico integrato degli edifici (art.3);
- 2) Applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico, degli edifici di nuova costruzione (art.4);
- 3) Applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico, degli edifici esistenti di grande metratura, sottoposti ad importanti ristrutturazioni (art.5);
- 4) Certificazione energetica degli edifici (art.6);
- 5) Ispezione periodica delle caldaie e dei sistemi di condizionamento dell'aria negli edifici (art.8 e 9).

Quindi introduce notevoli novità nell'ambito del risparmio energetico negli edifici con molteplici finalità:

- a) Tutela dell'ambiente;
- b) Riduzione delle emissioni inquinanti;
- c) Indipendenza da fonti energetiche.

Ad ogni stato europeo si chiede di recepire questa direttiva all'interno di norme a carattere nazionale così da renderla operativa.

Dopo la Direttiva 2002/91/CE c'è stata la Direttiva 2006/32/CE del parlamento europeo e del consiglio del 5 aprile 2006 concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazione della direttiva 93/76/CEE del Consiglio. Praticamente fissa per gli stati membri un obiettivo di miglioramento dell'efficienza energetica minimo del 9%.

Direttiva 2010/31/CE

Viene pubblicata nella Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea L153 del 18 giugno 2010 la Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia.

Obiettivo della direttiva è migliorare la "prestazione energetica degli edifici all'interno dell'Unione, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni relative al clima degli ambienti interni e all'efficacia sotto il profilo dei costi".

La direttiva che sostituisce la 2002/91/UE viene recepita dagli Stati membri in maniera graduale a partire dal luglio 2012.

Questa nuova direttiva riveduta e approvata dal Consiglio europeo prevede in particolare:

Che entro il 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano edifici a «energia quasi zero» (per gli edifici occupati da enti pubblici il termine è anticipato al 2018). Gli Stati membri dovrebbero elaborare piani nazionali destinati ad aumentare il numero di edifici a energia quasi zero, il cui fabbisogno energetico dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa l'energia rinnovabile prodotta in loco o nelle vicinanze.

Che il settore pubblico assuma un ruolo guida: gli edifici pubblici aventi una metratura totale di oltre 500 m² e aperti al pubblico dovranno esporre degli attestati di certificazione energetica.

Entro cinque anni la metratura sarà ridotta a 250 m².

I requisiti minimi di rendimento energetico per gli edifici o le unità immobiliari, al fine di raggiungere un «livello ottimale in funzione dei costi» (ossia il livello di rendimento energetico che comporta il costo più basso durante il ciclo di vita economico stimato).

I requisiti minimi di rendimento energetico quando edifici o unità immobiliari esistenti vengono sottoposti a importanti ristrutturazioni.

Ispezioni periodiche degli impianti di riscaldamento e condizionamento.

Sistemi di controllo indipendenti per gli attestati di certificazione energetica e i rapporti di ispezione.

A livello più generale, scopo della nuova direttiva, è quello di chiarire, rafforzare ed ampliare il campo di applicazione della vigente direttiva 2002/91/CE, nonché

di ridurre le notevoli differenze tra le pratiche in uso negli Stati membri in tale settore. Le disposizioni in essa contenute riguardano vari strumenti normativi e di tipo informativo e disciplinano la gestione del fabbisogno energetico per il riscaldamento degli ambienti, la produzione di acqua calda, il condizionamento d'aria, la ventilazione e l'illuminazione degli edifici nuovi ed esistenti, residenziali e non residenziali.

1.2 Normativa nazionale

L'Italia dal punto di vista normativo, come spiegato successivamente, è stato uno dei Paesi pionieristici in quanto già nel 1976 emanava i primi accenni al risparmio energetico, e successivamente con la Legge 10/91, in seguito ad essa il D.Lgs 192/2005 e successivamente con il D.Lgs 311/06 si rivedrà e si amplierà l'argomento.

Legge 30 aprile 1976, n 373

E' il primo provvedimento di risparmio energetico degli edifici pubblicato in Italia con i relativi strumenti applicativi: il DPR 28 giugno 1977 n 1052, il DM 10 marzo 1977 e il DM 7 luglio 1986.

Il titolo di questa legge è : "Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici". Questa legge si limitava unicamente al controllo della potenza dissipata. Infatti per il calcolo di verifica era sufficiente assicurarsi che il coefficiente volumico globale di dispersione termica (Cd) per trasmissione attraverso la struttura fosse inferiore al massimo ammissibile. La norma tecnica di riferimento era la UNI 7357, "Calcolo del fabbisogno termico per il riscaldamento di edifici".

Grazie al decreto interministeriale 30 luglio 1986 "Aggiornamento dei coefficienti di dispersione termica degli edifici", si hanno i valori di Cd limite e si calcolano dalla propria Tabella con una interpolazione lineare in funzione dei gradi giorno del comune considerato e dal rapporto S/V dell'edificio considerato (rapporto tra superficie lorda disperdente S e il volume lordo V dell'edificio).

La legge 373 del 1976 aveva, di fatto, prescritto l'isolamento termico degli edifici (dell'involucro) dimenticandosi però dell'efficienza degli impianti.

La legge è risultata poco efficace, ma è importante ricordarla perché è la prima legge che affrontava in Italia il problema delle dispersioni termiche eccessive degli edifici, e che, quindi, ha destato interesse sull'argomento del risparmio energetico e sull'isolamento termico degli edifici.

Legge 9 gennaio 1991, n 10 e DPR 412/93

Dopo la stesura della Legge 373 del 1976 si è avvertita la necessità di approfondire la questione del risparmio energetico e per farlo si è dovuto

rimodernare questa legge, nel 1991 si è vista la nascita della legge del 9 gennaio 1991, n 10 “Norme per l’attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell’energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia”, e del successivo DPR 26 agosto 1993 n 412 (“Regolamento recante norme per la progettazione, l’installazione, l’esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia”).

Queste hanno rappresentato un grande passo in avanti in quanto hanno modificato l’approccio progettuale dell’edificio, infatti hanno per prime definito i criteri per la realizzazione del sistema edificio - impianto. Qui non si parla più solamente dell’involucro dell’edificio con il relativo isolamento ma anche dell’impianto al suo interno.

Grazie al DM 06/08/1994 c’è stato il recepimento delle norme UNI che servivano come supporto alle applicazioni della legge 10/91 come ad esempio:

- a) UNI 10344 - Riscaldamento degli edifici - calcolo dei fabbisogni di energia;
- b) UNI 10348 - Riscaldamento degli edifici -rendimento dei sistemi di riscaldamento e raffrescamento degli edifici;
- c) UNI 10379 - Riscaldamento degli edifici e fabbisogno energetico convenzionale normalizzato;

e anche le seguenti strumentali all'applicazione delle norme precedenti:

- d) UNI 10345, UNI 10346, UNI 10349, UNI 10351, UNI 10355, ecc.

D.Lgs 192 del 19 agosto 2005 e D.Lgs 311 del 29 dicembre 2006

Questo decreto legislativo, (D.Lgs 192 del 19 agosto 2005 “Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell’edilizia”) è stato emanato per l’attuazione della direttiva europea 2002/91/CE sul rendimento energetico nell’edilizia. Il decreto è entrato in vigore in data 8 ottobre 2005.

In buona sostanza integra ed aggiorna la Legge 10/91 ed il D.P.R. 412/93 che attuavano solo in parte la Direttiva Europea in questione. Il presente decreto stabilisce i criteri, le condizioni e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici, al fine di favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l’integrazione delle fonti rinnovabili e la diversificazione energetica, contribuire a conseguire gli obiettivi nazionali di limitazione delle emissioni di gas a effetto

serra posti dal protocollo di Kyoto, promuovere la competitività dei comparti più avanzati attraverso lo sviluppo tecnologico.

Il presente decreto disciplina in particolare:

- a) la metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche integrate degli edifici;
- b) l'applicazione di requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici;
- c) i criteri generali per la certificazione energetica degli edifici;
- d) le ispezioni periodiche degli impianti di climatizzazione;
- e) i criteri per garantire la qualificazione e l'indipendenza degli esperti incaricati della certificazione energetica e delle ispezioni degli impianti;
- f) la raccolta delle informazioni e delle esperienze, delle elaborazioni e degli studi necessari all'orientamento della politica energetica del settore;
- g) la promozione dell'uso razionale dell'energia anche attraverso l'informazione e la sensibilizzazione degli utenti finali, la formazione e l'aggiornamento degli operatori del settore;

Ovviamente, alcuni articoli o commi di dette norme legislative esistenti sono stati abrogati perché incoerenti con l'attuale normativa comunitaria, e si sono nel contempo, introdotti limiti più severi relativamente al fabbisogno energetico di energia primaria ed ai valori di trasmittanza (U) delle chiusure opache (pareti verticali ed orizzontali), e di quelle trasparenti (serramenti) dell'involucro. Anche il valore di riferimento del rendimento medio stagionale limite dell'impianto ha subito consistenti incrementi. Non si può peraltro non riconoscere che, con i nuovi criteri, il comportamento termico dei sistemi edificio-impianto così progettati, risulti nettamente migliorato, tanto che sia i consumi convenzionali, che il relativo impatto ambientale si riducono mediamente del 40% e più, rispetto a quanto risultava con i limiti precedenti.

Va comunque osservato che l'attuazione del Decreto legislativo 192 non era chiaramente regolata nella sua interezza, infatti mancavano ancora: i criteri generali, le metodologie di calcolo ed i requisiti minimi, che vengono inseriti nel successivo Decreto legislativo 311.

A più di un anno e mezzo di distanza dall'emanazione del D.Lgs. 192 del 2005 mentre erano attesi i decreti attuativi e i criteri generali per la certificazione

energetica, è stato invece emanato il D.Lgs. 311/06 recante “Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192”, tramite il quale vengono apportate delle modifiche alle prescrizioni già presenti nel primo decreto, soprattutto a quelle inerenti i requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici.

Gli ambiti di intervento considerati all'interno del D.Lgs. 311/06 sono:

- a) Progettazione e realizzazione di edifici di nuova costruzione e degli impianti in essi installati, di nuovi impianti installati in edifici esistenti, delle opere di ristrutturazione degli edifici e degli impianti esistenti;
- b) esercizio, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici degli edifici, anche preesistenti;
- c) certificazione energetica degli edifici.

Esistono anche dei casi in cui il decreto non prevede alcun obbligo di applicare misure di miglioramento dell'efficienza energetica:

- immobili che ricadono nella disciplina del codice dei beni culturali e del paesaggio (D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42), quando il rispetto delle prescrizioni implicherebbe un'alterazione inaccettabile del carattere o aspetto, con particolare riferimento ai caratteri storici o artistici;
- fabbricati industriali, artigianali e agricoli non residenziali quando gli ambienti sono riscaldati per esigenze del processo produttivo oppure utilizzando reflui energetici del processo produttivo non altrimenti utilizzabili;
- fabbricati isolati con superficie utile totale inferiore a 50 m²;
- impianti installati ai fini del processo produttivo realizzato nell'edificio;

D.P.R. n 59/2009 e D.M. 26/06/2009

Il D.P.R. n. 59 del 2 aprile 2009 recante il Regolamento che definisce le metodologie di calcolo e i requisiti minimi per la prestazione energetica degli edifici e degli impianti termici, tratta del Regolamento che attua il D.lgs. 192/2005, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia.

Invece il 10 luglio 2009 sulla Gazzetta Ufficiale n°158 è stato pubblicato il Decreto Ministeriale 26/06/09 contenente le "*Linee Guida Nazionali per la Certificazione Energetica degli Edifici*". Le linee guida fissano a livello nazionale

i parametri per i servizi di certificazione, come previsto e richiesto dalla direttiva 2002/91/CE e fanno seguito al Decreto del Presidente della Repubblica 2 aprile 2009, n. 59.

I D.lgs. 192/2005 e 311/2006, e le relative disposizioni attuative, si applicano solo alle Regioni e Province autonome che non abbiano ancora adottato propri provvedimenti in applicazione della direttiva 2002/91/CE. Quelle che invece hanno già emanato proprie leggi devono attuare un graduale ravvicinamento dei propri provvedimenti con le norme statali. Un esempio è quello dell'Emilia Romagna che con il D.A.L. 156/2008 ha emanato il suo provvedimento.

Quindi non sono nuove leggi, ma solo dei regolamenti attuativi delle norme presenti nei decreti precedenti (192 e 311). Ovviamente, si trovano delle novità, che sono:

- 1) La metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici, poiché si utilizzano le norme tecniche nazionali, definite nel contesto delle norme EN a supporto della direttiva 2002/91/CE, della serie UNI/TS 11300 e loro successive modificazioni
- 2) Il calcolo della prestazione energetica per il raffrescamento estivo dell'involucro edilizio, pari al rapporto tra il fabbisogno annuo di energia termica per il raffrescamento dell'edificio, calcolata tenendo conto della temperatura di progetto estiva secondo e la superficie utile per gli edifici residenziali, o il volume per gli edifici con altre destinazioni d'uso, e alla verifica.
- 3) Fissare gli obblighi in merito alla dotazione minima di fonti energetiche rinnovabili nel caso di edifici pubblici o privati. In caso di nuova costruzione, nuovi impianti termici o ristrutturazione degli stessi, è obbligatorio l'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia termica ed elettrica, in particolare copertura di almeno il 50% della produzione di acqua calda sanitaria da fonti energetiche rinnovabili.
- 4) Il professionista deve redigere e depositare presso le amministrazioni competente in duplice copia, le metodologie di calcolo che devono essere rispondenti alle norme tecniche UNI o CEN oppure con altri metodi sviluppati all'ENEA o dal CNR (docet). L'art. 7 prevede che i software commerciali, applicativi delle metodologie introdotte dal decreto, debbano garantire che i valori degli indici di prestazione energetica, calcolati

attraverso il loro utilizzo, abbiano uno scostamento massimo di più o meno il 5% rispetto ai parametri determinati con l'applicazione dello strumento nazionale di riferimento.

Mentre il DM 26 giugno 2009 contenente le "Linee Guida Nazionali per la Certificazione Energetica degli Edifici" aggiunge un' importante novità:

- 5) Il provvedimento contiene importanti chiarimenti sull'attestato di certificazione energetica (ACE) del quale dovranno essere dotati tutti gli edifici oggetto di compravendita, gli edifici di nuova costruzione e quelli soggetti a ristrutturazione.

Art. 11, comma 1, DLgs 28 del 3 marzo 2011

(Obbligo di integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici di nuova costruzione e negli edifici esistenti sottoposti a ristrutturazioni rilevanti).

I progetti di edifici di nuova costruzione ed i progetti di ristrutturazioni rilevanti degli edifici esistenti prevedono l'utilizzo di fonti rinnovabili per la copertura dei consumi di calore, di elettricità e per il raffrescamento.

Nel caso di edifici nuovi o edifici sottoposti a ristrutturazioni rilevanti, gli impianti di produzione di energia termica devono essere progettati e realizzati in modo da garantire il contemporaneo rispetto della copertura, tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, del 50% dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria e delle seguenti percentuali della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento:

- a) il 20 per cento quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 31 maggio 2012 al 31 dicembre 2013;
- b) il 35 per cento quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 1° gennaio 2014 al 31 dicembre 2016;
- c) il 50 per cento quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è rilasciato dal 1° gennaio 2017.

Norma UNI/TS 11300 parte 1, 2, 3 e 4

Le norme per determinare il fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva e invernale sono state pubblicate dopo un lungo periodo di inchiesta. Le specifiche tecniche contenute nelle UNI/TS 11300 sono state elaborate dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) e trattano le prestazioni energetiche degli edifici. Sono in linea con le norme elaborate dal CEN per il supporto alla Direttiva europea 2002/91/CE.

Le norme UNI TS 11300 sono composte da 4 parti:

- *Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale*" definisce le modalità per l'applicazione nazionale della UNI EN ISO 13790 : 2008 ("Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento") con riferimento al metodo mensile per il calcolo dei fabbisogni di energia termica per riscaldamento e per raffrescamento. La specifica tecnica è rivolta alle applicazioni previste dalla UNI EN ISO 13790:2008 quali calcolo di progetto (design rating), valutazione energetica di edifici attraverso il calcolo in condizioni standard (asset rating) o in particolari condizioni climatiche e d'esercizio (tailored rating).
- *Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria*" fornisce dati e metodi per la determinazione del fabbisogno di acqua calda sanitaria; dei rendimenti e dei fabbisogni di energia elettrica degli ausiliari dei sistemi di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria; dei fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione invernale e la produzione dell'acqua calda sanitaria.
- *Parte 3: "Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva"* pubblicata a marzo 2010. La specifica tecnica fornisce dati e metodi per la determinazione dei rendimenti e dei fabbisogni di energia dei sistemi di climatizzazione estiva, dei fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione estiva e si applica a sistemi di nuova progettazione, ristrutturati o esistenti.

- *Parte 4:"Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per il riscaldamento di ambienti e la preparazione di acqua calda sanitaria" .*

2 Stato dell'arte delle tecnologie incentivate: la caldaia ad alta efficienza e il solare termico

Un impianto di riscaldamento è un impianto termico per la produzione e la distribuzione di calore.

In ambito civile si intende il sistema usato per riscaldare ambienti abitativi o lavorativi. Quando il riscaldamento viene erogato dagli stessi dispositivi che forniscono anche raffrescamento e altre eventuali variazioni del microclima locale (ventilazione, umidificazione), viene detto impianto di condizionamento o di climatizzazione.

Gli impianti di riscaldamento si classificano secondo diversi fattori:

- combustibile o fonte di energia usato (carbone, gasolio, gas, legna, energia geotermica, solare o elettrica, teleriscaldamento);
- tipologia e dimensioni: impianti autonomi (una unità abitativa), impianti centralizzati (più unità abitative);
- tecniche, mezzi e temperature di immagazzinamento e trasferimento del calore: convezione, irraggiamento, aria, acqua (vapore), ferro, alluminio;
- efficienza e compatibilità con l'ambiente: valutate per emissioni di CO₂, costo totale ed efficienza.

È la caldaia, l'apparecchiatura che trasforma l'energia di un combustibile in calore e lo rende disponibile in un circuito contenente acqua o aria che ha la funzione di distribuire il calore negli ambienti ed eventualmente nell'acqua dell'impianto sanitario.

Gli impianti solari termici sono invece dispositivi che permettono di catturare l'energia solare, immagazzinarla e usarla nelle maniere più svariate, in particolare per l'acqua calda sanitaria (ACS) e per il riscaldamento degli ambienti in alternativa ai tradizionali sistemi di generazione dell'acqua calda.

Il sistema energetico presenta due lati: quello della produzione (l'offerta) e quello del consumo (la domanda o il consumo finale); quest'ultimo comprende

l'utilizzazione di numerose fonti energetiche, fra cui i prodotti petroliferi per i mezzi di trasporto o per il riscaldamento e l'energia elettrica per gli usi civili.

Secondo il più recente aggiornamento del bilancio energetico regionale², nel 2004 i consumi finali del sistema Lombardia ammontavano ad oltre 25.000 ktep (migliaia di tonnellate equivalenti di petrolio), pari a circa un quinto del totale nazionale; essi erano generati per la maggior parte dal settore civile, oltre che dall'industria e dai trasporti. La fonte di energia più utilizzata era il gas metano (40% dei consumi), seguito dai prodotti petroliferi (32%) e dall'energia elettrica (21%). Dagli anni '90 politiche incentivanti hanno infatti contribuito, come meglio vedremo nel *cap.* 3.2, alla graduale affermazione dei combustibili gassosi, con effetti positivi in termini di moderazione dell'inquinamento atmosferico.

Dal 1990 si è registrato un incremento complessivo dei consumi con tasso medio annuo di 1,1%, ma negli anni più recenti il tasso di incremento dei consumi energetici risulta inferiore a quello del PIL, lasciando intravedere un primo segnale di sganciamento tra la crescita economica e le pressioni ambientali da essa generate. La produzione interna soddisfa solo l'8% della domanda del sistema Lombardia che rimane dunque sotto il profilo energetico una regione dipendente dalle importazioni, soprattutto di gas naturale e combustibili liquidi.

Le risorse energetiche interne sono quasi esclusivamente rappresentate da fonti rinnovabili che al 2004, anno di incentivazione dei bandi da noi analizzati, coprivano il 13% del fabbisogno energetico lombardo ed il 21% della domanda regionale di energia elettrica.

In Lombardia i consumi elettrici, che rappresentano il 21% dei consumi finali, sono aumentati del 31% nell'ultimo decennio, arrivando a circa 66.700 GWh nel 2006.

Per centrare l'obiettivo cogente l'impegno di Regione si può stimare orientativamente in:

- Riduzione di circa 8 milioni di tonnellate di CO₂
- Riduzione di 3,5 milioni di tep (rispetto al 2020)

² ARPA, Rapporto sullo stato dell'ambiente in Lombardia, 2007

2.1 Impianti di riscaldamento: la caldaia ad alta efficienza

In Italia ci sono oggi circa 22.802.000 impianti di riscaldamento, 7.450.000 dei quali sono sistemi centralizzati e la maggior parte di essi sono alimentati a gas naturale³. Regione Lombardia da sola conta 1.340.000 edifici residenziali che corrispondono al 12% del parco edilizio totale. La Lombardia si identifica come la regione italiana con il maggior numero sia di edifici che di popolazione. In particolare in Lombardia si registra la maggior concentrazione sia di impianti di riscaldamento individuali che centralizzati di tutta Italia: rispettivamente il 21,9% ed il 16,1% degli impianti nazionali. I sistemi di riscaldamento più diffusi in Lombardia, secondo le statistiche del 2010, sono stati quelli individuali, in modo simile alle altre regioni italiane.

Il combustibile più importante in termini di usi finali è il gas naturale, il suo consumo mostra la seguente ripartizione: 36,9% per il settore terziario, il 31,4% per il settore industriale e il 31,2% per il settore residenziale⁴. Dal punto di vista climatico, il territorio italiano è suddiviso in sei zone climatiche⁵, in funzione dei gradi-giorno (GG), dal più caldo al più freddo (da A a F). La Lombardia è principalmente nella zona E ed in parte nella zona F e si colloca tra le regioni più fredde d'Italia (essendo situato al confine settentrionale). Pertanto, la domanda di riscaldamento è una componente fondamentale del bilancio regionale di energia primaria, con il 32% degli usi energetici complessivi finali⁶.

Nel 2004 (all'inizio del programma che andremo ad analizzare), il 60% della domanda di riscaldamento per il settore residenziale e terziario in Lombardia era coperto da gas naturale, mentre il 13% da gasolio e la parte restante era coperta da elettricità e altre fonti (compresi quelle rinnovabili), nel 2008, tali percentuali erano rispettivamente del 65% e dell'8%, ciò mostra una continuità e affermazione dell'impiego del gas naturale, determinato dalla voglia di efficienza energetica, competitività economica del servizio e riduzione delle emissioni. Attualmente, la rete del gas naturale è uniformemente distribuito in Lombardia, con l'eccezione

³ CRESME (Centro Ricerche Economiche Sociali di Mercato per l'Edilizia e il Territorio). (2011). Il Mercato delle Costruzioni e le Prospettive Degli Impianti Termici e di Condizionamento.

⁴ ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile). (2012). Rapporto Energia Ambiente 2009-2010.

⁵ Parlamento Italiano. (1993). D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412, Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10.

⁶ SIRENA - Sistema Informativo Regionale ENergia Ambiente. Regione Lombardia.

della zona alpina in cui l'implementazione è più lenta in quanto più costosa e la densità di popolazione è inferiore.

Per quanto riguarda la tipologia di impianto di riscaldamento, dal 2001 al 2011 c'è stato un aumento complessivo del 42% degli impianti di riscaldamento a gas naturale centralizzati con una riduzione di quelli a gasolio del 26%. La percentuale di incremento dei singoli impianti di riscaldamento alimentati a gas naturale è stata del 24%, e la diminuzione di quelli a gasolio del 38% circa. Inoltre le statistiche evidenziano una crescente diffusione di impianti centralizzati di riscaldamento e una diminuzione di impianti indipendenti.

2.2 Impianti solari termici

Il mercato mondiale degli impianti solari è cresciuto ininterrottamente dall'inizio degli anni '90. Secondo un recente studio della IEA (International Energy Agency) del 2013 sul mercato del solare termico condotto per 56 paesi di tutto il mondo, è presente una capacità installata di 234,6 GWth corrispondenti a un totale di 335.100.000 m² di superficie di collettori entrati in funzione entro la fine del 2011. La potenza installata in questi paesi rappresenta più del 91% del mercato del solare termico a livello mondiale. La stragrande maggioranza della capacità totale in esercizio è stata installata in Cina (152,2 GWth) e in Europa (39,3 GWth), che insieme rappresentavano l'81,6% del totale installato.

La potenzialità degli impianti di riscaldamento e raffrescamento solare nel mondo continua a crescere. Alla fine del 2008, la potenza dei collettori solari termici in servizio nel globo è stata pari a 171 GWth, corrispondente ad una superficie di 244 milioni di m². La Cina, con 101 GWth, ha disposto di oltre la metà della potenza termica del pianeta. Altri paesi con un alto numero di collettori solari in servizio sono USA, Germania e Turchia. Cipro (651 kWth), Israele (499 kWth) ed Austria (273 kWth) sono i maggiori paesi in termini di potenza installata ogni 1000 abitanti.

L'Unione Europea si è impegnata a raggiungere una quota del 20% di fonti rinnovabili sul consumo finale di energia e la stessa quota, come la riduzione degli usi finali, entro il 2020.

Nel settore del riscaldamento e raffreddamento, l'energia termica solare giocherà un ruolo fondamentale. Fino ad ora, ha coperto solo una parte minore della domanda in Europa, anche se ha il maggiore potenziale di tutte le energie rinnovabili per il riscaldamento e il raffreddamento.

A livello europeo, nonostante la flessione registrata nel corso degli ultimi quattro anni, la dimensione annuale del mercato dei sistemi solari termici è raddoppiato negli ultimi dieci anni ad un tasso medio di crescita annuo del 10%⁷. Le prospettive restano incerte, ma si prevede che i principali mercati potrebbero essere influenzati negativamente dalla mancanza di programmi di incentivi governativi e stagnazione nel settore delle costruzioni derivanti dalla crisi finanziaria globale. Effetti positivi e opposti devono essere generate dalla direttiva

⁷ ESTIF, 2013, European Solar Thermal Industry Federation, Solar Thermal Markets in Europe - Trends and Market Statistics 2012, June.

RES⁸, che dovrebbe contrastare la stagnazione introducendo incentivi per la produzione di calore da fonti rinnovabili.

Lo sviluppo del mercato del solare termico negli ultimi dieci anni dimostra la sua forte dipendenza da fattori esterni, ad esempio, prezzi dell'energia da combustibili fossili, le nuove tecnologie di riscaldamento in evoluzione, programmi di sostegno, ecc. Questo ha fatto sì che ci fossero grandi incertezze nelle previsioni di mercato e rafforza la necessità di un forte sostegno politico per accelerare la diffusione sul mercato di solare termico. Uno degli ostacoli per la diffusione della tecnologia potrebbe essere indirizzata al costo elevato dei sistemi. Il solare termico spesso non è ancora competitivo, ma il potenziale di riduzione dei costi è ancora vasto. Come evidenziato, a partire dal 1995 i costi di produzione di collettori solari termici sono stati ridotti di quasi il 50 % , che corrisponde ad un fattore di apprendimento del 23 % raggiunto nel corso degli ultimi 15 anni⁹. In Italia, grazie agli strumenti di incentivazione e nonostante la crisi economica, il solare si conferma come il secondo mercato europeo con un installato complessivo di 490.000 m² (corrispondenti a 343.000 kWth), registrando invece un lieve incremento del 3,2% rispetto al 2009.

Con questo trend di crescita a fine 2013 l'installato dovrebbe essere di circa 3 milioni di m², valore ancora lontano dagli obiettivi dell'Action Plan nazionale che prevede un installato al 2020 di circa 17 milioni di m² con un equivalente energia prodotta per usi finali pari a circa 1,12 Mtep. La produttività della tecnologia è fortemente dipendente dal sito di collocazione e dalla tipologia di applicazione, mediamente si ottiene una produzione complessiva annua compresa fra i 600 kWh/m² al Nord ed i 750-800 kWh/m² al sud.

La riduzione del costo dell'energia termica prodotta costituisce la chiave di affermazione della tecnologia solare, sia per le applicazioni a bassa temperatura che per le applicazioni a media temperatura per l'uso industriale e la climatizzazione solare.

L'entità dell'investimento e la producibilità di un impianto sono i principali fattori nella determinazione del costo dell'energia termica prodotta. Per ottenere una riduzione del valore del kWh termico prodotto per via solare, occorre infatti

⁸ NREAPs, 2009, National Renewable Energy Action Plans, European Commission Decision (30 June) Establishing a template for National Renewable Energy Action Plans under Directive 2009/28/EC, Bruxelles, 2009.

⁹ ESTIF, 2012, European Solar Thermal Industry Federation, Strategic Research Priorities for Solar Thermal Technology, European Technology Platform on Renewable Heating and Cooling, December.

diminuire la spesa d'investimento dell'impianto, abbattendo il costo di fabbricazione dei collettori e degli accumuli, e innalzando il limite di rendimento attuale degli attuali sistemi commerciali che utilizzano collettori piani e a tubi sottovuoto.

In passato, diversi paesi europei hanno adottato la politica per supportare la tecnologia del solare termico, fornendo incentivi finanziari di forme diverse per stimolare il mercato¹⁰⁻¹¹⁻¹². Attualmente, incentivi finanziari per l'energia solare termica, insieme ad altri sistemi per la generazione di calore da fonti rinnovabili, sono in programma o in fase di studio a livello nazionale¹³.

Come esempio efficace di tale politica energetica in questi ultimi anni, il Ministero dell'Ambiente italiano, in collaborazione con Regione Lombardia (Italia settentrionale) ha messo a punto una serie di misure per l'efficienza energetica e l'integrazione rinnovabili locale nel territorio regionale, nell'ambito del cosiddetto Accordo di Programma Quadro Energia e Ambiente. Il sostegno pubblico è consistito nella fornitura di sovvenzioni per finanziare imprese e privati, sulla base di una selezione pubblica. Tra le varie misure, uno è relativo alla diffusione dei sistemi solari termici nell'ambiente costruito.

¹⁰ ESTIF, 2006, European Solar Thermal Industry Federation, Key Issues for Renewable Heat in Europe, Financial Incentives for Solar Thermal. Guidelines on Best Practice and Avoidable Problems.

¹¹ Beerepoot, M., 2007, Public energy performance policy and the effect on diffusion of solar thermal systems in buildings: a Dutch experience, *Renewable Energy* 32, 1882–1897.

¹² Valentini, G., Pistochini, P., 2011, The 55% tax reductions for building retrofitting in Italy: the results of the ENEA's four years activities, Proc. EEDAL 2011 – 6th International Conference on Energy Efficiency in Domestic Appl., Copenhagen, Denmark.

¹³ DECC, 2001, Department of Energy & Climate Change, Renewable Heat Incentive RHI, March

3 Programmi di incentivazione e politiche energetiche

Gli attuali andamenti di domanda e offerta di energia, a livello globale, rappresentano un elemento di forte pressione sull'ambiente e appaiono difficilmente sostenibili anche da un punto di vista economico e sociale. Il settore energetico si trova oggi ad affrontare una serie di sfide che vanno dal cambiamento climatico, alla riduzione progressiva della sicurezza degli approvvigionamenti, dalla crescita e volatilità dei prezzi dell'energia, alla crescente domanda energetica nei Paesi in via di sviluppo. È opinione condivisa che gli interventi prioritari da assumere riguardino in primo luogo la diffusione di tecnologie e di comportamenti per un uso razionale dell'energia, ma non di meno, in una prospettiva di lungo termine, interessino anche la ricerca e lo sviluppo di tecnologie, che consentano un ricorso pulito alle fonti fossili ed il pieno utilizzo delle fonti rinnovabili.

La tecnologia solare termica e gli impianti di riscaldamento sono stati promossi da diversi tipi di incentivi finanziari in un certo numero di paesi europei, regioni e comunità locali. Gli incentivi finanziari includono qualsiasi politica pubblica fornendo un vantaggio finanziario per impianti installati. In Europa, in passato, sono stati utilizzati principalmente due tipi di meccanismi di incentivazione: sovvenzioni dirette e crediti fiscali/riduzioni.

Proprio per queste ragioni il numero delle sostituzioni di vecchie tecnologie e l'installazione di impianti solari termici sia in Italia che in tutta Europa è in crescita, come meglio spiegato nel capitolo successivo.

3.1 La situazione in Europa

Il Parlamento europeo ha approvato il nuovo quadro finanziario pluriennale (QFP) dell'Unione per il periodo 2014-2020. Sui 960 miliardi di euro stanziati, circa un terzo (325 miliardi) va ai Fondi strutturali destinati agli Stati membri.

Il sostegno finanziario dell'Unione europea alla politica della coesione (anche definita politica regionale) ha sempre rappresentato una quota considerevole - circa un terzo - del bilancio europeo: 347 miliardi di euro erano stati stanziati lo scorso settennato, 325 quelli stanziati per i prossimi sette anni (2014-2020).

Con l'obiettivo di ridurre il divario tra i diversi livelli di sviluppo delle varie Regioni europee, gli stanziamenti per progetti di politica per la coesione territoriale verranno da tre fondi, chiamati anche "Fondi strutturali europei per gli investimenti"¹⁴, e cioè:

- Fondo europeo per lo sviluppo regionale (FESR),
- Fondo sociale europeo (FSE),
- Fondo di coesione.

Sebbene i fondi per le politiche di coesione si siano notevolmente ridotti, 22 miliardi in meno rispetto a quelli stanziati per il periodo 2007-2013, quelli destinati al finanziamento di progetti legati all'installazione di impianti a fonti rinnovabili, soprattutto all'efficientamento energetico degli edifici, sono aumentati. Infatti, Rispetto all'ultimo periodo di finanziamento, essi dovrebbero più che raddoppiare, per un minimo stimato di 23 miliardi di euro.

Il Fondo europeo per lo sviluppo regionale (FESR) impone percentuali minime obbligatorie di investimenti nella produzione di energia sostenibile, compresa l'efficienza energetica: almeno il 12% per le Regioni meno sviluppate, almeno il 15% per le Regioni in transizione e almeno il 20% per le Regioni più sviluppate.

In tutte le Regioni dell'Unione Europea, grandi opportunità si aprono per l'efficienza energetica. Ora è compito delle Autorità locali prevedere programmi di investimento plurifondo che riescano ad utilizzare al meglio le enormi opportunità economiche legate alla riqualificazione del patrimonio edilizio e di conseguenza impiantistico.

In particolare la tecnologia solare termica è stata promossa da diversi tipi di incentivi finanziari in un certo numero di paesi europei, regioni e comunità locali come Austria, Germania, Svezia, Olanda, Italia, Grecia, tuttavia, il modo in cui le sovvenzioni sono distribuite, possono portare a risultati diversi. Nella maggior parte dei casi, il contributo è legato sia alla superficie del collettore, che alle prestazioni del sistema.

Alcuni esempi di questo tipo di incentivi finanziari nei paesi europei sono i seguenti:

¹⁴ ESIF, European Structural and Investment Funds

La Germania ha fornito sussidi ai sistemi di riscaldamento solari dal 1995, prima con “100 million program”, seguita nel 1999 da “Market Stimulation Program”, che è rimasta efficace fino al 2009.

L'Austria ha sovvenzionato impianti solari termici per quasi 30 anni. Sussidi di alto livello applicati dalla politica per un lungo periodo, che ha portato fiducia nelle nuove ed efficienti tecnologie solari, permettendo il successo del solare termico nel Paese.

In Svezia¹⁵, un regime di sovvenzioni è stato lanciato nel 1992, ma poi abbandonato nel 1997 e una nuova sovvenzione è stata introdotta nel 2000. Il programma svedese ha portato ad un aumento della superficie di collettori solari installati nel decennio 2001-2005, tuttavia, ha portato anche ad un aumento del costo dei sistemi solari termici installati. Ciò può essere spiegato dal fatto che durante il regime di incentivazione finanziaria la domanda per impianti solari è aumentata rapidamente ma non allo stesso modo la fornitura, così i costi di sistema sono aumentati. I risultati della politica di sovvenzioni solare in Svezia è così apparsa deludente in termini di penetrazione, ma questo dovrebbe essere visto alla luce del fatto che la Svezia, ha un mercato molto forte per le pompe di calore e per disponibilità di radiazione solare è uno dei peggiori in Europa.

Nei Paesi Bassi, il governo ha attuato un sistema di sovvenzioni dal 1988. Come effetto, tra il 1994 e il 2001 l'area dei collettori solari installati ogni anno in Olanda è aumentata costantemente. Alla fine del regime di sovvenzioni, tuttavia, l'area dei collettori solari installati ha cominciato a diminuire, il che suggerisce che il tasso di installazione è stato legato esclusivamente alla sovvenzione. Infatti l'installazione in edifici esistenti si è quasi fermato, ma nella nuova costruzione tale installazione è rimasta attiva a causa dei requisiti sempre più stringenti di efficienza energetica per i nuovi edifici.

Il primo incentivo Francese “plan soleil” è stato lanciato nel 1999 ed è rimasto efficace per 9 anni fino al 2008. La politica si è evoluta notevolmente durante i primi 7 anni. Fino al 2006, la Francia ha avuto il mercato solare di acqua calda più sovvenzionato in Europa, di conseguenza, ha avuto la crescita più rapida delle vendite di impianti in Europa.

¹⁵ Roulleau, C.R., 2008, Lloyd-International policy issues regarding solar water heating, with a focus on New Zealand, Energy Policy 36, 1843–1857.

Nel 1970, la Grecia ha avviato un programma di incentivazione sui sistemi solari termici che ha portato il mercato per gli impianti nel 2002 ad una dimensione di auto-sostegno. Il programma di detrazione fiscale in Grecia è stato giudicato molto positivo, almeno durante i primi anni.

Come descritto in precedenza, in molti casi, gli incentivi finanziari per sostenere la tecnologia solare termica funzionano bene e hanno prodotto un effetto significativo sullo sviluppo del mercato. In altri casi, gli incentivi finanziari non sono stati così efficaci e nel peggiore dei casi, hanno avuto effetti controproducenti. Ad esempio, nel caso della Germania e dell'Austria, le politiche di incentivazione finanziaria hanno avuto successo, quando il livello di sovvenzione è stato significativo rispetto al costo totale dei sistemi e la durata del regime è stata abbastanza lunga per dare fiducia sia al consumatore che all'industria solare. Tuttavia, nel caso di Svezia e Francia, il regime di aiuti a breve termine ha portato ad un effetto paradossale, aumentando i costi di sistema.

Gli incentivi finanziari hanno dimostrato di essere uno strumento molto efficace per stimolare la crescita nei mercati solari termici. Ma non sono la soluzione a tutto e, in particolare, non sono in genere molto efficaci se applicati in assenza di misure adeguate di accompagnamento connesse alla progettazione specifica e con problemi di attuazione come possono essere limitate risorse finanziarie pubbliche, la mancanza di consapevolezza da parte di potenziali acquirenti, procedure di pianificazione lunghe o difficili, ecc.

In Italia è purtroppo nota a tutti l'incapacità delle Regioni di sfruttare a pieno le risorse messe a disposizione dall'Unione europea. Per ovviare al malfunzionamento nella gestione dei Fondi strutturali, il Consiglio dei Ministri, ha approvato l'istituzione dell'Agenzia per la Coesione territoriale. Un'agenzia che dovrà supportare le Regioni nella gestione di programmi di investimento volti a catturare i circa 30 miliardi di euro che, nel complesso, verranno destinati all'Italia.

3.2 Regione Lombardia: programmi e progetti per l'efficienza energetica

Regione Lombardia negli ultimi anni ha promosso diversi programmi e progetti come il "Piano di Azione per l'Energia", un documento di programmazione per lo sviluppo sostenibile del sistema energetico regionale, in cui le misure previste puntano all'abbattimento dei costi dell'energia prodotta e dei relativi impatti sull'ambiente, senza trascurare la crescita competitiva delle imprese e la tutela dei consumatori più deboli.

Il Piano d'Azione per l'Energia (PAE), approvato nel 2007 con D.G.R. VIII/4916 del 15 giugno 2007, è lo strumento operativo con il quale Regione Lombardia intende perseguire gli obiettivi di politica energetica contenuti nel Programma Energetico Regionale (PER). L'obiettivo prioritario del PAE è minimizzare sia i costi dell'energia sia le pressioni ambientali attribuibili al settore energetico: esso dovrà quindi definire operativamente le azioni attraverso le quali la Lombardia potrà contribuire agli obiettivi nazionali di riduzione delle emissioni di Gas serra, fissati dal "protocollo di Kyoto". Il Piano d'Azione per l'Energia affronta dunque il tema del miglioramento dell'efficienza dell'intero sistema energetico, dalle modalità per ridurre i consumi finali di energia all'uso di fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica; in un'ottica di sostenibilità, tratta inoltre gli aspetti sociali collegati alle politiche energetiche, come la tutela dei consumatori e l'incremento dell'occupazione degli addetti al settore.

L'aggiornamento del 2008 non sostituisce del tutto la prima versione, ma contiene nuovi indirizzi di politica energetica regionale collegati ad un insieme di misure e azioni da effettuare nel breve e medio periodo. Il documento è stato formulato a seguito dell'aggiornamento del bilancio energetico del territorio regionale, avvenuto nel 2004, dal quale sono emerse nuove criticità del sistema energetico e ambientale lombardo, rispetto alle analisi effettuate nel 2000 che avevano portato ad elaborare le misure contenute nel PER del 2003 (piano energetico regionale). Il mutato contesto produttivo, ambientale e sociale ha reso necessario un adeguamento di quelle misure non solo sul piano regionale, ma anche a livello Europeo e internazionale.

Altro strumento è il "Piano Strategico di tecnologie per la sostenibilità energetica in Lombardia", Con il quale, Regione Lombardia si propone di dare seguito al Piano d'Azione per l'Energia, mediante un processo di analisi e valutazione delle

caratteristiche connesse alle dodici diverse tipologie di tecnologie selezionate (teleriscaldamento, sonde geotermiche verticali, sistema edificio-impianti, servizio energia, efficienza energetica nell'illuminazione pubblica, mobilità sostenibile, biomasse per il teleriscaldamento, termocamini e termostufe, biogas, impianti solari termici, impianti solari fotovoltaici e interventi di contrasto alla fuel poverty).

Per ciascuna di queste tecnologie è stato costruito un *business case* basato su un modello di calcolo degli effetti della diffusione della tecnologia stessa in coerenza con i tre obiettivi del Pacchetto europeo per il clima.

I business case, formulati in modo da essere tra loro comparabili, si prestano all'individuazione delle tecnologie maggiormente idonee per la Lombardia, in termini di costo e applicabilità, e quelle che invece necessitano di specifiche incentivazioni.

Il "Piano per la Lombardia Sostenibile", nasce nel 2010 per impostare il percorso decennale della Regione verso l'obiettivo di costruire una regione a bassa intensità di carbonio e ad alta efficienza energetica. In un'ottica integrata delle tematiche ambientali prioritarie, il Piano si pone l'obiettivo di dare valore al "fattore sostenibilità" come nuova opportunità di competitività e di efficienza del territorio lombardo.

Questo documento rappresenta il contributo che la Regione vuole dare al raggiungimento dell'obiettivo 20-20-20 prospettato dal Piano sul Clima dell'Unione Europea (abbattimento del 20% delle emissioni di CO₂, 20% di produzione energetica da fonti rinnovabili, risparmio del 20% dell'energia utilizzata, il tutto entro il 2020), rafforzando e consolidando nel contempo l'impegno per la qualità dell'aria.

"Trend" che promuove l'innovazione e il miglioramento delle performance energetiche delle piccole e medie imprese lombarde, attraverso il finanziamento di check-up energetici e di progetti volti all'introduzione delle migliori tecnologie per il risparmio energetico e l'utilizzo delle fonti rinnovabili. Il progetto prevede nell'arco di tre anni lo sviluppo di diverse iniziative di finanziamento e il coinvolgimento di fornitori di servizi professionali e di tecnologie.

Il fondamentale monitoraggio costante della domanda e dell'offerta di energia, l'impatto ambientale e il grado di raggiungimento degli obiettivi europei sono poi

stati presentati da un sistema d'informazione che memorizza tutte le statistiche fondamentali raccolte a livello regionale¹⁶⁻¹⁷⁻¹⁸.

Il Progetto “Factor20” invece mira all’armonizzazione dei Bilanci Energetici delle tre Regioni coinvolte (Lombardia, Basilicata, Sicilia) attraverso la creazione di un’unica metodologia per l’analisi dei dati energetici regionali che ne evidenzia infrastrutture, consumi e produzione energetica, e ne consideri al contempo i rispettivi impatti ambientali in termini di emissioni di gas ad effetto serra. Viene così predisposta una base statistica comune, che rappresenta il riferimento per la definizione di strumenti di pianificazione regionale e locale.

Il progetto è infatti finalizzato alla definizione, nelle fasi successive, di un set di strumenti di supporto alla pianificazione delle politiche regionali e nazionali per la riduzione dei gas ad effetto serra, la riduzione dei consumi energetici e la diffusione delle fonti energetiche rinnovabili, nel quadro dell’Azione Europea sul Clima¹⁹.

Il programma che invece analizzeremo nel dettaglio di Regione Lombardia, è “l’Accordo di Programma Quadro in materia di Ambiente e Energia”, che meglio viene spiegato nel capitolo successivo.

¹⁶ Finlombarda S.p.a. - CENED - Certificazione ENergetica degli Edifici, Regione Lombardia.

¹⁷ Finlombarda S.p.a. - CURIT - Catasto Unico Regionale Impianti Termici, Regione Lombardia.

¹⁸ Sirena - Sistema Informativo Regionale Energia Ambiente. Regione Lombardia.

¹⁹ La politica europea definita “20-20-20” o “Azione Clima” individua importanti target di efficienza energetica e riduzione delle emissioni di gas climalteranti.

4 Quadro Sinottico dei bandi analizzati

L'“Accordo di Programma Quadro in materia di Ambiente e Energia” è un programma nazionale avviato nel 1999 (anno del primo bando) da parte del Ministero dell'Ambiente italiano, che si è concentrato sui programmi regionali per le misure di efficienza energetica e tecnologie di energia rinnovabile. Regione Lombardia ha sviluppato un programma per la fornitura di sussidi per gli investitori pubblici e privati, determinato per mezzo di un concorso aperto, basato su regole specifiche per i diversi argomenti del quadro. Gli argomenti sono stati:

- sistemi di riscaldamento ad alta efficienza alimentati a gas naturale;
- teleriscaldamento e impianti a biomasse;
- impianti solari termici;
- biocarburanti a basso impatto ambientale;
- idrogeno impianti sperimentali;
- mobilità sostenibile;
- l'efficienza energetica nel settore edilizio.

Dopo la realizzazione dei progetti sovvenzionati nel programma generale, il Ministero dell'Ambiente italiano e la Regione Lombardia hanno finanziato una campagna di monitoraggio, effettuato dal Politecnico di Milano, con lo scopo di analizzare criticamente i risultati ottenuti.

In questo lavoro vengono analizzati due degli interventi d'incentivazione ovvero:

- Sostituzione di caldaie a gasolio con caldaie a gas naturale, in particolare quelle a condensazione, le quali rappresentano una tecnologia ben consolidata che può offrire risparmio energetico e di emissioni inquinanti negli edifici residenziali e commerciali.
- l'implementazione con un sistema solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria.

I Bandi oggetto dell'attività di monitoraggio sono :

- Impiego del metano negli impianti di riscaldamento, come da Bandi emanati con D.G.R. n. 18603 del 05/08/2004 e approvazione delle relative graduatorie con D.D.U.O. n. 6687 del 05/05/2005 e con D.G.R. n. 935 del 27/10/2005 e approvazione delle relative graduatorie con D.D.G. n. 9343 del 07/08/2006;

- impianti a energia solare, per i collettori solari termici come da Bandi emanati con D.G.R. n. 4220 del 11/04/2001 e approvazione delle relative graduatorie con D.G.R. n. 9311 del 07/06/2002; con D.D.U.O. n. 22195 del 19/11/2002; con D.D.G. n. 12453 del 09/11/2006 e approvazione delle relative graduatorie con D.D.G. n. 4557 del 08/05/2007; con D.D.G. n. 12570 del 13/11/2006 e approvazione delle relative graduatorie con D.D.G. n. 2849 del 22/03/2007 ed infine con D.D.G. n. 10652 del 20/10/2010 sono stati emanati due Bandi con l'approvazione delle relative graduatorie effettuate con D.D.G. n. 7783 del 25/08/2011 e con D.D.G. n. 6224 del 06/07/2011; per le celle solari a film sottile di materiale diverso dal silicio con Com.r. n. 1 del 04/01/2006.

la suddivisione è riportata nella seguente *Tabella 1*.

| | Bando | Numero Bando | Interventi conclusi ed elaborati | Interventi aperti e quindi non elaborati | Interventi non disponibili | Interventi totali |
|--|--------------------|---------------------|---|---|-----------------------------------|--------------------------|
| Impiego del metano negli impianti di riscaldamento | D.G.R.18603/2004 | 3 | 393 | - | 90 | 1.488 |
| | D.G.R.935/2005 | 4 | 1.005 | - | - | |
| Impianti solari termici | D.G.R.4220/2001 | 1 | 197 | - | - | 1.259 |
| | D.D.U.O.22195/2002 | 2 | 930 | - | - | |
| | D.D.G.12453/2006 | 3 | 35 | - | - | |
| | D.D.G.12570/2006 | 4 | 91 | - | - | |
| | D.D.G.10652/2010 | 5 | 3 | - | - | |
| | D.D.G.10652/2010 | 6 | 3 | - | - | |

Tabella 1 - Individuazione della disponibilità dei dati relativi ai vari ambiti oggetto del monitoraggio

Si riporta di seguito la descrizione di ognuno dei due ambiti oggetto della tesi.

4.1 Sostituzione delle caldaie a gasolio con gas naturale

Come anticipato nei capitoli precedenti, il programma si concentra sulla sostituzione delle caldaie a gasolio con quelle ad alta efficienza a condensazione alimentate a gas naturale. I costi di investimento sono relativi alla caldaia e ai relativi componenti (inclusi scambiatori di calore, pompe, tubi, sistema di scarico, il collegamento alla rete del gas naturale, ecc.). Il primo bando risale all'agosto 2004, mentre il secondo a ottobre 2005. In entrambe le chiamate, l'importo della sovvenzione proposta è stata determinata sulla base dei criteri riportati successivamente, in funzione della potenza termica totale da installare.

In questo ambito vi sono due Bandi che rientrano nell'attività di monitoraggio, in particolare, tra i vari Bandi di Regione Lombardia, il terzo ed il quarto, che vengono di seguito descritti.

I Bandi prevedono l'assegnazione di contributi per la trasformazione a gas naturale degli impianti di riscaldamento di edifici localizzati nelle aree critiche per la qualità dell'aria, approvati con D.G.R. n 18603 del 05/08/2004 e con D.G.R. n 935 del 05/05/2005. Questi Bandi promuovono azioni per il miglioramento dell'efficienza energetica e la conseguente riduzione delle emissioni nocive da impianti di riscaldamento, attraverso la concessione di contributi finalizzati all'installazione di caldaie ad alta efficienza energetica.

Sono ammessi al contributo gli interventi che prevedono l'installazione di nuove caldaie ad alta efficienza (quattro stelle) funzionanti a gas naturale, in sostituzione di caldaie esistenti alimentate a gasolio, per il riscaldamento di edifici ad uso residenziale, produttivo e terziario, con riferimento alla classificazione generale degli edifici. La potenza termica al focolare della nuova caldaia da installare dovrà essere uguale o superiore a 35 kW.

I soggetti beneficiari, titolari del diritto di proprietà dell'edificio per cui viene fatta la domanda di contributo, sono:

- enti pubblici e privati;
- privati cittadini, in forma singola o aggregata, nel caso di unico impianto in uso comune;
- imprese.

Sulla base di quanto rilevato durante le comunicazioni intercorse con la D.G. Reti, Servizi di Pubblica Utilità e Sviluppo Sostenibile della Regione Lombardia, si

evince che gli impianti di generazione termica oggetto del monitoraggio coincidono con quelli riportati nelle graduatorie pubblicate con D.D.U.O. n. 6687 del 05/05/2005 (Bando 3) e con D.D.G. n. 9343 del 07/08/2006 (Bando 4).

Le risorse economiche rese disponibili nei due Bandi sono state globalmente pari a 13.454.591 €, di cui 7.763.310 € effettivamente utilizzati. Il numero globale degli interventi finanziati è stato pari all'86% delle domande pervenute. In particolare, il Bando 4 del 2005 è stato soggetto ad un rifinanziamento, per soddisfare le richieste di un maggior numero di interventi rispetto a quelli inizialmente previsti. Il Bando del 2004 ha totalizzato un maggior numero di incentivazioni revocate (circa il 30%) rispetto a quelle del Bando del 2005 (circa il 5%), pur avendo una minore quantità di richieste iniziali. Il numero complessivo di impianti sovvenzionati è stato pari a 1.488, con una potenza globale installata in riscaldamento pari a 465 MW. Una sintesi dei dati è presentata nella *Tabella 2*

| Risorse impiegate | Risorse rese disponibili (€) | Risorse utilizzate (€) | Percentuale di risorse utilizzate (%) |
|---|---|------------------------------------|--|
| Bando 3 Graduatoria D.D.U.O. n. 6687 del 05/05/2005 | 4.000.000 | 2.498.690 | 62,5 |
| Bando 4 Graduatoria D.D.G. n. 9343 del 07/08/2006 | 9.454.591 ²⁰ | 5.264.620 | 55,7 |
| Totale | 13.454.591 | 7.763.310 | 57,7 |
| Domande presentate | Domande (-) | Domande incentivate (-) | Percentuale di risorse utilizzate (%) |
| Bando 3 Graduatoria D.D.U.O. n. 6687 del 05/05/2005 | 684 | 483 | 71,0 |
| Bando 4 Graduatoria D.D.G. n. 9343 del 07/08/2006 | 1.053 | 1.005 | 95,0 |
| Totale | 1.737 | 1.488 | 86,0 |
| Potenza installata per riscaldamento | Impianti | Impianti | Percentuale di |

²⁰ Inizialmente erano stati stanziati 5.000.000 €, successivamente sono stati rifinanziati per questo intervento altri 4.454.591 €.

| | incentivati (MW) | analizzati ²¹ (MW) | risorse utilizzate (%) |
|---|----------------------------|---|----------------------------------|
| Bando 3 Graduatoria D.D.U.O. n. 6687 del 05/05/2005 | 149 | 121 | 81 |
| Bando 4 Graduatoria D.D.G. n. 9343 del 07/08/2006 | 316 | 316 | 100 |
| Totale | 465 | 437 | 94 |

Tabella 2 - Risorse allocate ed utilizzate per le domande pervenute e incentivate, impianti installati e analizzati.

Nella seguente *Tabella 3*, si riporta la distinzione delle domande tra partecipanti privati e partecipanti pubblici, si può notare la netta predominanza dei soggetti privati.

| Domande presentate per Bando | Privati e imprese | Enti pubblici | Percentuale di privati e imprese | Percentuale di istituzioni pubbliche |
|---|--------------------------|----------------------|---|---|
| | (-) | (-) | (%) | (%) |
| Bando 3 Graduatoria D.D.U.O. n. 6687 del 05/05/2005 | 665 | 19 | 97 | 3 |
| Bando 4 Graduatoria D.D.G. n. 9343 del 07/08/2006 | 1.009 | 44 | 96 | 4 |
| Totale | 1.674 | 63 | 96 | 4 |
| Domande incentivate per Bando | Privati e imprese | Enti pubblici | Percentuale di privati e imprese | Percentuale di istituzioni pubbliche |
| | (-) | (-) | (%) | (%) |
| Bando 3 Graduatoria D.D.U.O. n. 6687 del 05/05/2005 | 470 | 13 | 97 | 3 |
| Bando 4 Graduatoria D.D.G. n. 9343 del | 997 | 8 | 99 | 1 |

²¹ Gli impianti analizzati sono pari a quelli incentivati al netto di quelli per i quali non si hanno dati disponibili.

| | | | | |
|------------|-------|----|----|---|
| 07/08/2006 | | | | |
| Totale | 1.467 | 21 | 99 | 1 |

Tabella 3 - Distribuzione delle domande tra privati ed enti pubblici

Le fonti di riferimento per la compilazione del Database del Bando 4 sono la graduatoria citata e un Database in formato Access elaborato e reso disponibile da Finlombarda. Poiché tale fonte non contiene tutte le informazioni utili alla compilazione del Database proposto, ai fini della compilazione dello stesso sono state effettuate opportune assunzioni semplificative, meglio spiegate in seguito.

Nell'ambito degli impianti a metano l'iter di finanziamento di tutti gli interventi è concluso, e per questo si riporta la distinzione tra gli impianti analizzati e quindi elaborati, e quelli non elaborati in quanto non è stato possibile disporre dei dati necessari.

Nel lavoro presentato sono state elaborate le informazioni relative al 94% degli impianti incentivati (1.398 su un totale di 1.488 interventi incentivanti con entrambi i Bandi, come mostrato in *Figura 1*).

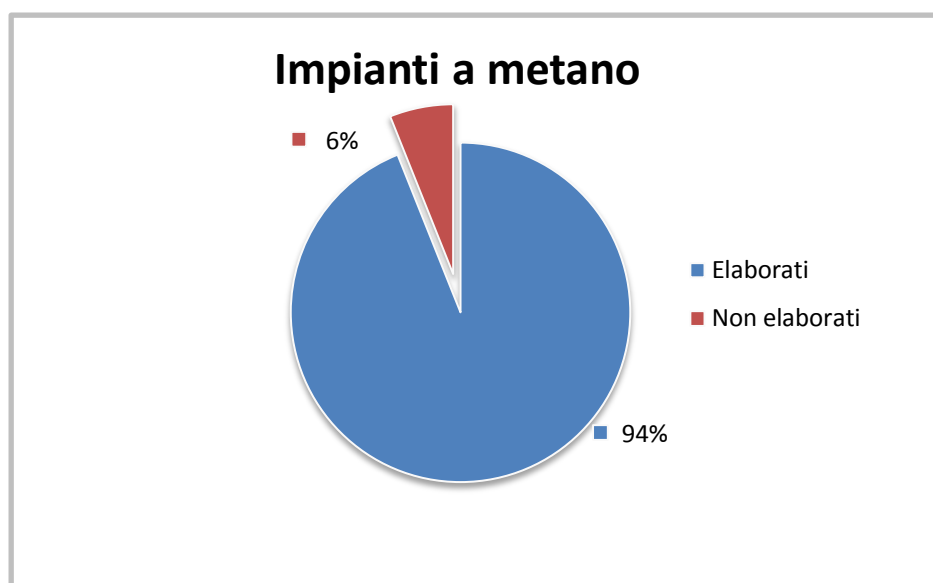


Figura 1 - Elaborazione dei dati sugli impianti a metano; quadro delle informazioni acquisite e inserite nel Database

Osservando le informazioni disponibili si può concludere che il primo Bando presenta l'81% dei dati elaborati ed il 19% non elaborati in quanto non disponibili (*Figura 2*); per il secondo Bando invece è stato possibile elaborare la totalità degli impianti (*Figura 3*).

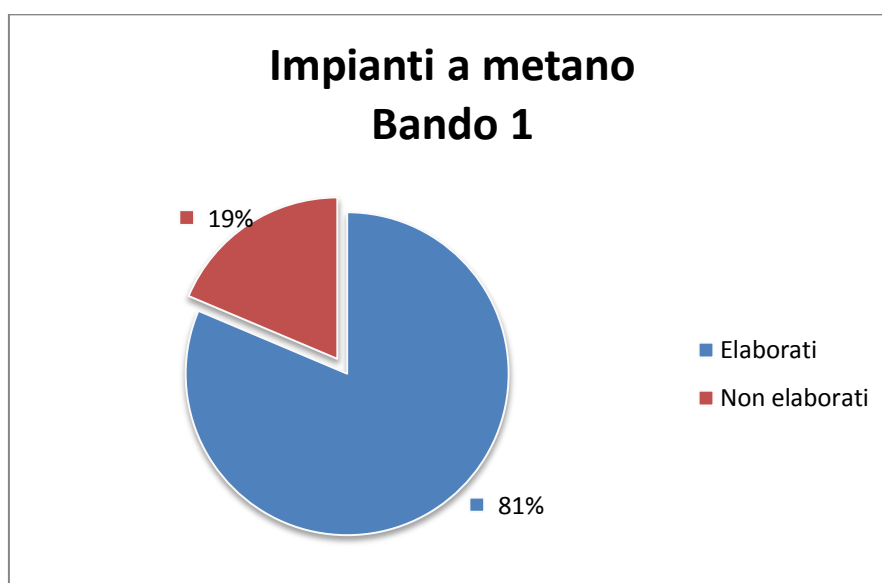


Figura 2 - Elaborazione dei dati sugli impianti a metano; quadro delle informazioni acquisite e inserite nel Database, Bando 1

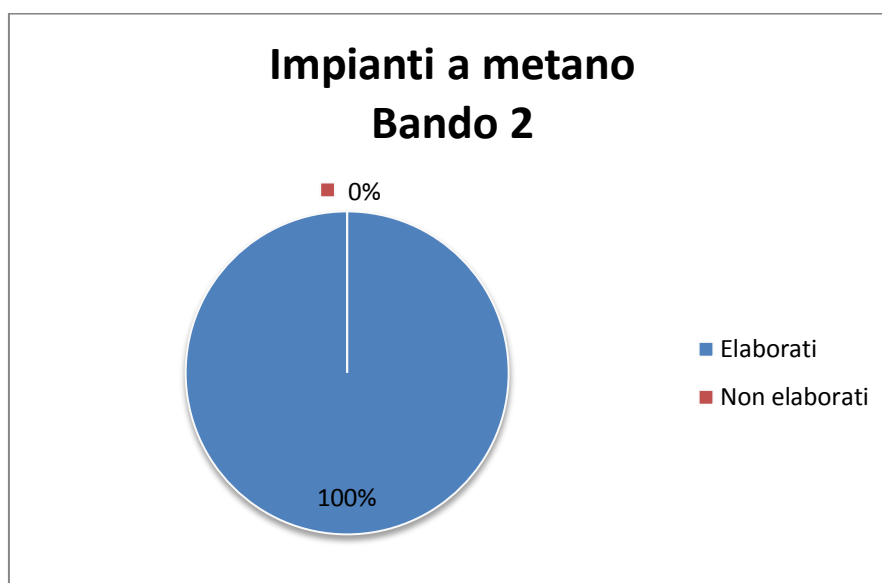


Figura 3 - Elaborazione dei dati sugli impianti a metano; quadro delle informazioni acquisite e inserite nel Database, Bando 2

Il contributo è stato calcolato, secondo quanto indicato nella *Tabella 4*, in funzione della potenza termica al focolare della nuova caldaia a gas naturale installata. Il contributo massimo è stimato fino a 30.000 € a richiedente, fanno

eccezione le trasformazioni di impianti per il riscaldamento di edifici di proprietà di Enti Locali e loro enti strumentali, nonché le Aziende Lombarde per l'Edilizia Residenziale (A.L.E.R.), nell'ambito di attività connesse ai fini istituzionali dell'Azienda, per le quali non è previsto un tetto massimo.

| Potenza al focolare della singola caldaia (kW) | Contributo (€/kW) |
|---|--|
| Tra 35 e 200 | 20 €/kW |
| Tra 200 e 500 | 4.000 € + 10 €/kW per ogni kW oltre i 200 kW |
| Oltre i 500 | 7.000 € + 5 €/kW per ogni kW oltre i 500 kW |

Tabella 4 - Dati per l'individuazione del contributo sui nuovi impianti a gas naturale

Anche il quarto Bando prevede una paritaria modalità di ammissibilità e determinazione dell'entità del contributo; ma, a differenza del terzo Bando, questo prevede anche una seconda misura. Sono, infatti, ammessi a contributo anche gli interventi di installazione di dispositivi per l'abbattimento degli inquinanti gassosi e delle polveri sul condotto di scarico fumi degli impianti termici. Tali impianti però devono essere necessariamente alimentati a gasolio e adibiti a riscaldamento e/o produzione di acqua calda sanitaria centralizzata in edifici ad uso residenziale, produttivo e terziario, con riferimento alla classificazione generale degli edifici.

Di questa misura risulta andato a buon fine un numero molto esiguo di interventi, ovvero 10, e solo per un impianto è stato possibile avere la disponibilità dei dati per l'elaborazione. Essendo un solo impianto non sono state effettuate specifiche analisi sull'intervento.

L'analisi sulla totalità dei dati è stata effettuata, invece con il seguente approccio:

1. raccolta dei dati
2. scrematura/pulizia dei dati
3. individuazione dei range per fascia di potenza
4. elaborazioni di calcolo per ogni fascia di potenza
5. principali risultati dei dati ottenuti

Di seguito viene illustrato graficamente la struttura dei vari file Excel (*Figura 4*) che hanno portato ad ottenere, dopo le procedure elencate, i valori necessari per le varie analisi, meglio spiegate in seguito nel *cap.5*.

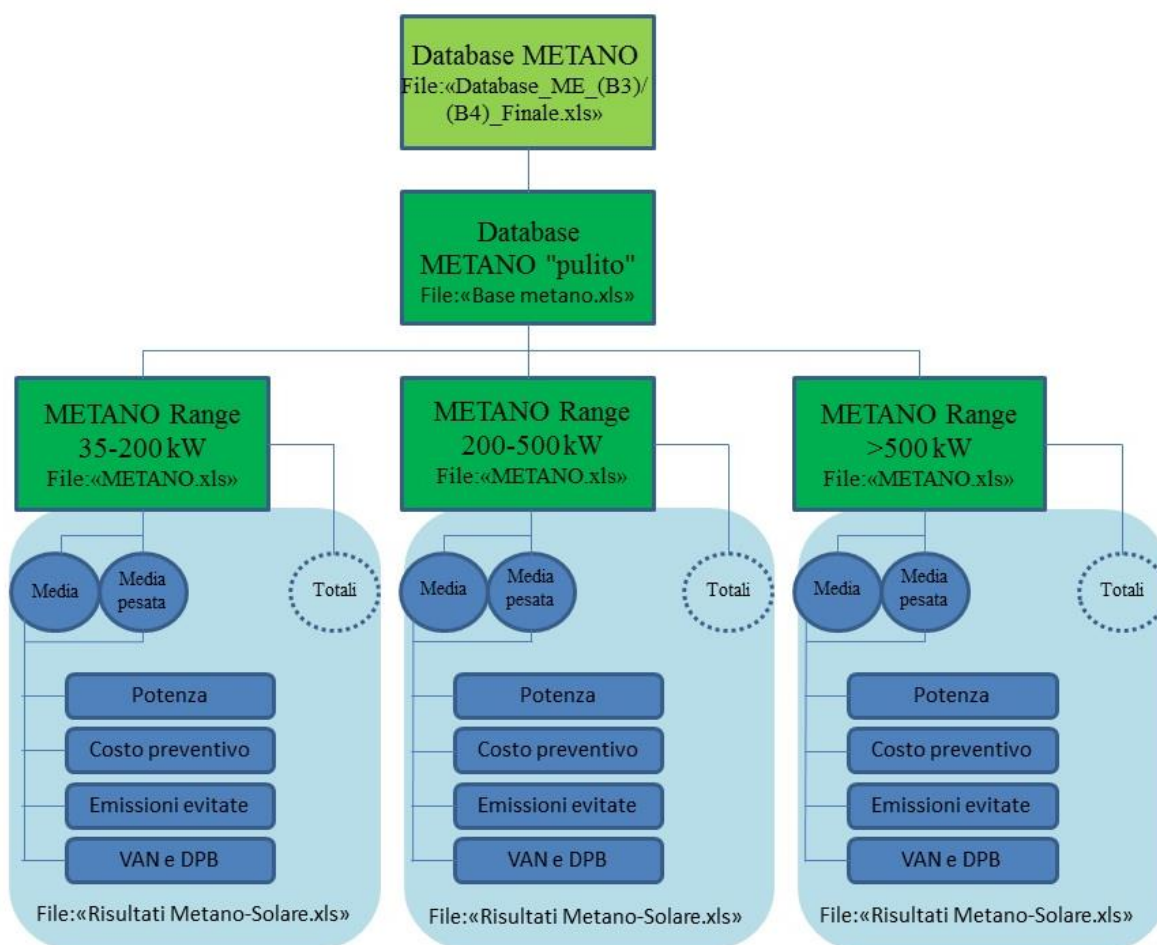


Figura 4 - Schema riassuntivo dei file Excel e struttura database "Caldaie a gas naturale"

4.2 Diffusione di impianti ad energia solare

Nell'ambito degli impianti ad energia solare sono state incentivate due tipologie di interventi:

- realizzazione di sistemi solari termici, mediante l'utilizzo di collettori piani e collettori sottovuoto (Sistemi solari termici);
- realizzazione di un impianto industriale per la produzione di sistemi fotovoltaici di nuova generazione con celle fotovoltaiche in tellururo di cadmio (Fotovoltaico).

Si riporta di seguito il quadro generale di ogni ambito.

Sulla base di quanto rilevato, si evince che le installazioni di sistemi solari termici oggetto del monitoraggio corrispondono a quelle riportate nelle graduatorie pubblicate con:

- D.G.R. n. 9311 del 07/06/2002 (Domande ammesse da file Excel nominato "Graduatoria Bando 1 Solare _ D.G.R. n. 9311 Del 07/06/2002");
- file Excel nominato "Bando ST 2003-2004-2005";
- D.D.G. n. 4557 del 08/05/2007 (Elenco ammessi_integrati da file Excel nominato "Graduatoria Bando 3 _ D.D.G. n. 4557 del 08/05/2007");
- D.D.G. n. 2849 del 22/03/2007 (Elenco ammessi_integrati da file Excel nominato "Graduatoria Bando 4 Solare _ D.D.G. n. 2849 del 22/03/2007");
- file Excel nominato "Aggiornamento_Bandi_31-05-2013".

La quantità di informazioni disponibili relative agli impianti ad energia solare è più limitata rispetto al metano. Per il Bando 1, si è deciso di attenersi all'elenco delle domande ammesse al contributo (Allegato A) del D.G.R. n. 7/9311 del 07/06/2002. Viene a mancare, inoltre, il materiale cartaceo sia di quest'ultimo Bando che dei due successivi (2a e 2b), di cui sono presenti solo alcuni file Excel relativi alle graduatorie. Per il 43% degli interventi (Bando 2c, 3, 4, 5, 6; ovvero 538 impianti su un totale di 1.259) è stata ricevuta tutta la documentazione necessaria alla compilazione del Database, mentre per il 57% (Bando 1, 2a, 2b; ovvero 728 impianti su un totale di 1.259) si ha a disposizione una documentazione parziale. Le percentuali indicate, per la totalità, sono raffigurate nella *Figura 5*.

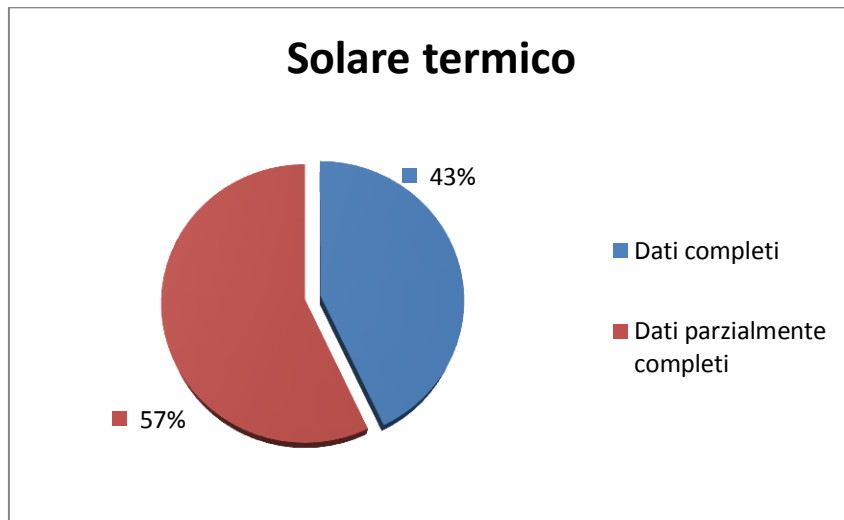


Figura 5 - Elaborazione dei dati sugli impianti solari termici; quadro delle informazioni acquisite e inserite nel Database

Le risorse economiche rese disponibili sono state globalmente pari a 18.452.712,78 €, di cui 12.892.543,02 € sono stati effettivamente utilizzati. In particolare, il Bando 2 è stato rifinanziato due volte mentre il Bando 3 ha inizialmente reso disponibile 1.000.000 € e successivamente è stato programmato un rifinanziamento di 868.153,86 €. Il Bando 4, invece, ha messo inizialmente a disposizione un importo di 1.500.000 € mentre le domande ammesse da graduatoria D.D.G. n. 2849 del 22/03/2007 necessitavano di un finanziamento totale pari a 4.281.349 €. Nel testo della graduatoria relativa a quest'ultimo Bando viene riportato che "verrà deciso in tempi successivi all'emanazione del decreto se stanziare risorse aggiuntive bastanti ad esaurire l'intera graduatoria dell'allegato". Alla chiusura dei lavori a noi non risultano impegnati altri fondi per questo bando. Il numero globale degli interventi sovvenzionati è stato quindi pari a 1.259; non è tuttavia possibile determinare una percentuale corretta degli interventi sovvenzionati rispetto al numero di soggetti che hanno presentato richiesta, in quanto non è disponibile il documento ufficiale di graduatoria del Bando 2 e pertanto è possibile conoscere solo quanti impianti sono stati realmente finanziati.

Nella successiva *Tabella 5* viene presentato un quadro riassuntivo delle risorse rese disponibili ed effettivamente utilizzate per ciascun Bando.

| Risorse impiegate | Risorse rese disponibili (€) | Risorse utilizzate (€) | Percentuale di variazione (%) |
|--|--|-----------------------------------|---|
| Bando 1 Graduatoria D.G.R. n.7/9311 del 07/06/2002 | 516.456,90 | 368.962,17 | 71 |
| Bando 2 Graduatoria "Bando ST 2003-2004- 2005" | 1.032.456,00 | - | - |
| | 945.032,00 ²² | 800.753,39 | 85 |
| | 359.755,00 ²³ | 387.816,00 | 108 |
| | 952.380,95 ²⁴ | 763.078,00 | 80 |
| | 2.304.787,00 | 1.951.647,39 | 85 |
| Bando 3 Graduatoria D.D.G. n. 4557 del 08/05/2007 | 1.000.000,00 | - | - |
| | - | 2.162.344,87 | - |
| | 868.153,86 ²⁵ | 1.077.529 | 124 |
| Bando 4 Graduatoria D.D.G. n. 2849 del 22/03/2007 | 1.500.000,00 | 4.281.349,00 ²⁶ | 285 |
| Bando 5 Graduatoria D.D.G. n. 6224 del 06/07/2011 | 2.000.000,00 | 918.640,00 ²⁷ | 46 |
| Bando 6 Graduatoria D.D.G. n. 7789 del 25/08/2011 | 6.973.691,07 | 180.423,20 ²⁸ | 3 |
| Totale | 18.452.712,78 | 12.892.543,02 | 70 |
| Domande presentate | Domande (-) | Domande incentivate (-) | Percentuale di variazione (%) |
| Bando 1 Graduatoria D.G.R. n.7/9311 del 07/06/2002 | 303 | 197 | 65 |
| Bando 2 Graduatoria "Bando ST 2003-2004- | 930 ²⁹ | 367 ³⁰ | - |
| | | 157 ³¹ | - |

²² D.D.U.O. n.22195 19/11/2002

²³ Rifinanziamento con D.G.R. n.7/215354 28/11/2003

²⁴ Secondo rifinanziamento con D.G.R. n.7/19702 03/12/2004

²⁵ Rifinanziamento con D.D.U.O. n.4582 08/05/2007

²⁶ Non è chiaro come siano stati rifinanziati

²⁷ Contributo assegnato ma non ancora corrisposto

²⁸ Contributo assegnato ma non ancora corrisposto

²⁹ In mancanza dei documenti relativi al numero di richieste iniziali viene riportato il numero di domande che hanno ricevuto il contributo

³⁰ Numero di domande finanziate nella sezione A secondo il file Excel "Bando ST 2003-2004-2005"

³¹ Numero di domande finanziate nella sezione B secondo il file Excel "Bando ST 2003-2004-2005"

| | | | |
|--|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| 2005" | | 406 ³² | - |
| Bando 3 Graduatoria D.D.G. n.4557 del 08/05/2007 | 80 | 35 | 44 |
| Bando 4 Graduatoria D.D.G. n.2849 del 22/03/2007 | 142 | 91 | 64 |
| Bando 5 Graduatoria D.D.G. n.6224 del 06/07/2011 | 6 | 3 | 50 |
| Bando 6 Graduatoria D.D.G. n.7789 del 25/08/2011 | 18 | 3 | 17 |
| Totale | 1.479 | 1.259 | 85 |
| Energia producibile | Impianti incentivati | Impianti analizzati | Percentuale di variazione |
| | (kWh/anno) | (kWh/anno) | (%) |
| Bando 1 Graduatoria D.G.R. n.7/9311 07/06/2002 | 1.222.690,33 | 1.133.317,00 | 93 |
| Bando 2 Graduatoria "Bando ST 2003-2004- 2005" | 2.291.626,74 | 2.239.515,00 | 98 |
| | 1.163.075,38 | 1.049.236,00 | 90 |
| | 2.797.763,73 | 2.747.640,00 | 98 |
| Bando 3 Graduatoria D.D.G. n.4557 del 08/05/2007 | 1.522.872,00 | 1.474.571,00 | 97 |
| Bando 4 Graduatoria D.D.G. n.2849 del 22/03/2007 | 5.397.946,40 | 5.492.736,00 | 102 |
| Bando 5 Graduatoria D.D.G. n.6224 del 06/07/2011 | 300.500,00 | 300.500,00 | 100 |
| Bando 6 Graduatoria D.D.G. n.7789 del 25/08/2011 | 121.067,95 | 121.067,95 | 100 |
| Totale | 14.817.524,53 | 14.558.582,95 | 98 |

Tabella 5 - Quadro riassuntivo delle risorse allocate/utilizzate e delle domande presentate/incentivate

³² Numero di domande finanziate nella sezione C secondo il file Excel "Bando ST 2003-2004-2005"

Può essere utile, inoltre, valutare la variazione negli anni del tipo di contributo erogato e la differenza di incentivazione tra istituzioni pubbliche e soggetti privati. A tal fine si riporta quindi un prospetto riassuntivo dei criteri di incentivazione (Tabella 6) e della distribuzione dei finanziamenti tra privati ed enti pubblici (Tabella 7).

| Bando | Campo di applicazione | Contributo |
|--|--|---|
| Bando 1 D.G.R. n.7/4220 del 11/04/2001 | Residenziale, produzione ACS | 600 €/kWh + € 250.000 per spese tecniche e amministrative sostenute dal cliente |
| | Non residenziale, produzione ACS | 400 €/kWh + € 250.000 per spese tecniche e amministrative sostenute dal cliente |
| | Aria calda | 400 €/kWh + € 250.000 per spese tecniche e amministrative sostenute dal cliente |
| Bando 2 D.G.R. n.7/10820 del 24/10/2002 | Residenziale, produzione ACS e/o riscaldamento | 0,35 €/kWh + 130 € per spese tecniche e amministrative sostenute dal cliente; contributo massimo 50.000 € |
| | Non residenziale, produzione ACS e/o riscaldamento | 0,25 €/kWh + 130 € per spese tecniche e amministrative sostenute dal cliente; contributo massimo 50.000 € |
| Bando 2c D.G.R. n.7/19702 del 03/12/2004 | Produzione ACS e/o riscaldamento e aria calda | 0,30 €/kWh + 130 € per spese tecniche e amministrative sostenute dal cliente (ma non superiore del 25% dell'importo sostenuto); contributo massimo 50.000 € |
| Bando 3 D.D.G. n.12453 del 09/11/2006 | Attività di impresa, produzione acqua e/o aria calda per uso igienico- sanitario, riscaldamento | 50% del costo ammissibile di realizzazione dell'impianto, contributo massimo 100.000 € |
| Bando 4 D.D.G. n.12570 del 13/11/2006 | Soggetto pubblico, climatizzazione invernale | 50% del costo ammissibile di realizzazione dell'impianto, contributo massimo 1,6 euro per kWh producibile annuo |
| | Soggetto pubblico, climatizzazione invernale ed estiva | 50% del costo ammissibile di realizzazione dell'impianto + 400 euro per kW dell'impianto frigorifero, |

| | | |
|---|---|--|
| | | contributo massimo 1,6 euro per kWh producibile annuo |
| Bando 5 D.D.G. n.10652 del 20/10/2010 | Enti locali, ALER, fondazioni e soggetti pubblici, alta valenza dimostrativa | Contributo in conto capitale nella misura massima del 50% del costo ammissibile, fino ad esaurimento delle risorse, valutazione ammissibilità in base a punteggi |
| Bando 6 D.D.G. n.10652 del 20/10/2010 | Edifici pubblici ad uso pubblico e residenziale, produzione ACS e riscaldamento | 25 % costo ammissibile se l'energia producibile è minore di 450 kWh/m ² anno; 40 % costo ammissibile se l'energia producibile è maggiore di 659 kWh/m ² anno. |
| | Edifici pubblici ad uso pubblico e residenziale, combi-plus e solar cooling | 35 % costo ammissibile se l'energia producibile è minore di 300 kWh/m ² anno; 50 % costo ammissibile se l'energia producibile è maggiore di 500 kWh/m ² anno. |

Tabella 6 - Parametri per il calcolo del contributo

| Domande incentivate per Bando | Privati e Imprese | Istituzioni pubbliche | Percentuale di Privati e Imprese | Percentuale di Istituzioni pubbliche |
|--------------------------------------|--------------------------|------------------------------|---|---|
| | (-) | (-) | (%) | (%) |
| Bando 1 | 191 | 6 | 97 | 3 |
| Bando 2a | 367 | - | 100 | 0 |
| Bando 2b | 157 | - | 100 | 0 |
| Bando 2c | 406 | - | 100 | 0 |
| Bando 3 | 35 | - | 100 | 0 |
| Bando 4 | - | 91 | 0 | 100 |
| Bando 5 | 3 | 0 | 100 | 0 |
| Bando 6 | - | 3 | 0 | 100 |
| Totale | 1159 | 100 | 92 | 8 |

Tabella 7 - Distribuzione delle domande tra privati ed enti pubblici

Nel grafico riportato di seguito (*Figura 6*) viene mostrato l'andamento del contributo erogato per i diversi Bandi, espresso in € per ciascun MWh di energia termica producibile nel tempo di vita. Bisogna precisare tuttavia che il Bando 5

era rivolto ad impianti ad alta valenza dimostrativa, e pertanto, il contributo erogato è risultato significativamente superiore a quello degli altri Bandi.

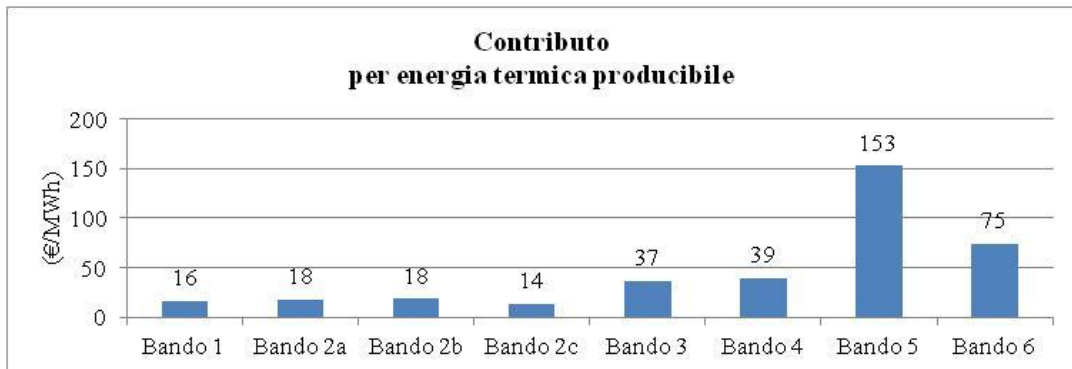


Figura 6 - Variazione dell'entità del contributo nei Bandi rispetto all'energia termica producibile

Esaminando la quantità di energia producibile nel tempo di vita relativamente agli impianti dei diversi Bandi si può notare che circa la metà (49%) è data dalla somma dei primi due Bandi (Bando 1 e 2), i quali coprono le incentivazioni erogate dal 2002 al 2005, mentre il Bando 4 ha coperto il 38% del totale in solo un anno (2007) (Figura 7).

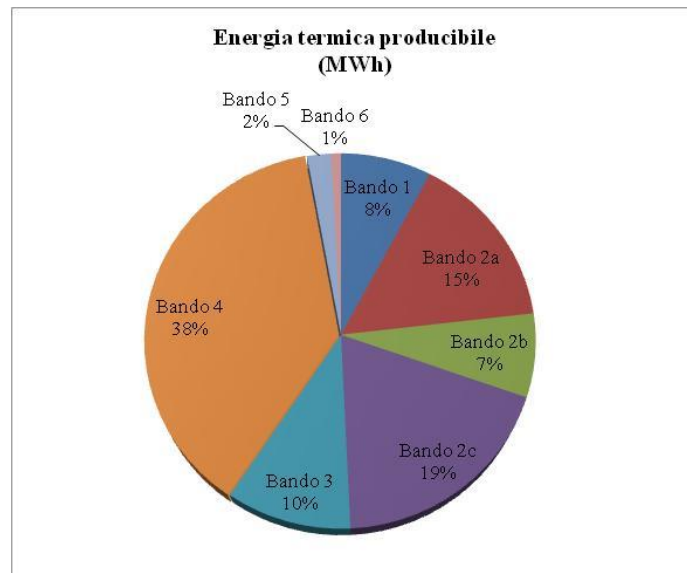


Figura 7 - Distribuzione dell'energia producibile nel tempo di vita rispetto al Bando di appartenenza

Di seguito viene illustrato graficamente la struttura dei vari file Excel (*Figura 8*) che hanno portato ad ottenere, dopo una accurata pulizia e scrematura dei dati, i valori necessari per le varie analisi, meglio spiegate in seguito nel *cap.5*.



Figura 8 - Schema riassuntivo file Excel e struttura database "Solare termico"

5 Struttura del database e metodologia d'analisi

I risultati ottenuti mediante la compilazione del Database e l'elaborazione statistica degli indicatori suggeriti sono finalizzati alla definizione di un quadro di analisi, il più possibile esaustivo, dell'efficacia delle politiche di incentivazione promosse da Regione Lombardia. Tale quadro può rappresentare un utile strumento di supporto per indirizzare in maniera ottimale le future risorse economiche regionali nel settore energetico.

Il Database è stato strutturato con tutte le informazioni necessarie per il completo monitoraggio di tutti interventi finanziati, per poter ottenere un quadro finale complessivo che sia di supporto all'Accordo di Programma.

Nella fase iniziale della ricerca i dati sono stati raccolti dalla documentazione messa a disposizione da Regione Lombardia e sono poi stati organizzati per agevolarne l'elaborazione. L'insieme dei dati è stato suddiviso in 6 aree tematiche principali:

1. indicizzazione dei dati (identificazione univoca dei documenti);
2. dati geografici (distribuzione territoriale degli interventi);
3. dati tecnici (prestazioni energetiche);
4. dati economici (costi e sussidi);
5. dati ambientali (prestazioni ambientali);
6. dati amministrativi (gestione dei programmi).

Le 6 diverse aree tematiche sono brevemente descritte nella seguente *Tabella 8*:

| Area tematica | Descrizione e definizione delle caratteristiche generali |
|-----------------|---|
| Indicizzazione | Costituisce, in primo luogo, il collegamento con gli articoli dell'APQ e con gli Atti Integrativi ed identifica univocamente il Bando, l'ambito di intervento e gli atti amministrativi a cui esso fa riferimento. L'identificazione univoca consente di svolgere operazioni nel Database, confrontando i valori sia aggregati sia disaggregati degli indicatori rispetto ad ambiti e Bandi diversi, permettendo confronti e valutazioni di carattere complessivo e sintetico sugli interventi. |
| Dati geografici | Permettono la valutazione del potenziale da fonte rinnovabile (producibilità), delle specificità climatiche locali e differenze di implementazione di progetti su scala territoriale. In questo modo è possibile individuare quali siano le differenze nelle tipologie di intervento e nella loro distribuzione territoriale, valutandone l'impianto complessivo. |
| Dati tecnici | Riguardano i dati tecnici degli interventi, che possono variare secondo le diverse categorie. In questo caso sono previsti degli indicatori tali da consentire, ove possibile, un confronto diretto in termini prestazionali anche tra interventi differenti. |
| Dati economici | Riguardano il costo totale e quello finanziato per ogni progetto. La conoscenza di questi parametri è fondamentale per consentire la valutazione, relativamente allo specifico Bando o |

| | |
|---------------------|--|
| | all'interno di gruppi di Bandi o di aree d'intervento, della competitività e dell'efficacia (costo per unità di potenza installata, costo per unità di energia prodotta, costo delle TEP risparmiate, costo delle emissioni evitate, ecc.) degli interventi, in relazione alle reali condizioni di mercato, climatiche e ambientali. |
| Dati ambientali | Forniscono la stima delle emissioni di gas inquinanti e climalteranti prodotte o evitate, la quale può permettere, a sua volta, il calcolo dei costi esterni tramite opportune metodologie, consentendo in questo modo di attribuire un valore economico ad un beneficio di carattere ambientale. |
| Dati amministrativi | Riguardano i dati necessari per la connessione con i sistemi gestionali presenti presso Regione Lombardia e l'uso integrato del Database da parte dell'Amministrazione. |

Tabella 8 - Descrizione delle aree tematiche presenti all'interno del Database

Lo scopo di questa organizzazione dei livelli informativi è quello di permettere molteplici tipi di analisi a partire dai dati disponibili, attraverso l'uso dei criteri e delle chiavi di lettura di carattere generale dei dati illustrate nella *Tabella 9*.

All'interno delle varie aree tematiche sono quindi presenti dei campi che contengono i differenti dati disponibili, descritti in dettaglio nel Capitolo successivo, in funzione della specificità del singolo ambito d'intervento. Ciò viene sviluppato all'interno di una struttura standardizzata che consente un rapido confronto e l'aggregazione di tutti quei dati che sono comuni ai differenti ambiti d'intervento e Bandi.

Il Database è stato popolato con i dati raccolti dalle fonti disponibili, ma integrato con indicatori (semplici e composti) derivati dai dati stessi e da ulteriori assunzioni che saranno introdotte successivamente. La raccolta dei dati è il punto di partenza necessario per la successiva analisi e per il processo di monitoraggio. In particolare, l'analisi ha coinvolto la definizione e il calcolo di indicatori di prestazione differenti, relativi ai seguenti criteri generali:

- caratterizzazione del sistema energetico;
- efficacia;
- costo / efficacia;
- rapporto con il mercato;
- costo per la pubblica amministrazione;
- meccanismo di sovvenzionamento;
- sviluppo delle capacità di gestione;
- tipologia dei partecipanti;
- competitività.

L'organizzazione delle informazioni in set di dati è stata collegata alla creazione di una descrizione completa delle diverse aree tematiche ed alla necessità di analizzarle secondo i criteri di valutazione fondamentali, descritti in dettaglio nella *Tabella 9*.

| Criterio | Descrizione | Indicatori |
|--|---|--|
| Caratterizzazione del sistema energetico | Dati utili per la caratterizzazione del sistema analizzato dal punto di vista energetico. | Vedere <i>Tabella 10</i> |
| Efficacia | Efficacia dell'investimento, può essere misurato in relazione diretta con l'energia e le emissioni evitate. | Risparmio di energia primaria (TEP) Emissioni evitate di CO _{2-eq} , NO _x e SO ₂ (t) |
| Economicità | Il rapporto costo-efficacia viene valutata al fine di confrontare i diversi tipi di interventi e soluzioni tecnologiche in termini relativi. | Costo totale specifico rispetto alla potenza in riscaldamento (€/kW) Costo totale del risparmio dell'energia primaria evitata (€/TEP) Costo totale delle emissioni di CO _{2-eq} , NO _x e SO ₂ evitate (€/t) |
| Rapporto con il mercato | Il confronto coinvolge il rapporto tra il prezzo di mercato per la tecnologia, l'energia e le emissioni evitate rispetto all'investimento e agli incentivi forniti. | Prezzo di mercato del risparmio di energia primaria (€/TEP) Prezzo di mercato della CO _{2-eq} risparmiata (€/t) Rapporto tra investimento (prezzo di mercato) ed incentivo (%) |
| Trasparenza | La trasparenza è legata alla modalità di accesso ai sussidi, il monitoraggio dei dati e la loro disponibilità. | Importo totale dei dati disponibili e completi, percentuale di richieste concluse (%) |
| Costo per la pubblica amministrazione | Il costo totale per la pubblica amministrazione al netto dei costi di gestione. | Costo totale per il progetto (€) |
| Meccanismo di sovvenzionamento | Parametro considerato per la stima dei tempi di erogazione del contributo. | Quantità di tempo per ricevere l'incentivazione (anno) |
| Tipologia dei partecipanti | Valutazione dei gruppi di attori che hanno avuto accesso alle sovvenzioni ed il risultato ottenuto. | Distribuzione dei partecipanti: privato / pubblico / singoli / agenzie (%) |
| Competitività | La competitività è valutata dal punto di vista del richiedente, utilizzando indicatori economici generali | Tempo di ritorno semplice (anni) |

Tabella 9 - Criteri ed indicatori principali per l'analisi dei dati

Mentre i dati di confronto generici sono comuni a tutti gli ambiti, (Impiego del metano negli impianti di riscaldamento, Diffusione di impianti ad energia solare) per i dati tecnici bisogna far riferimento ad ognuno di essi. Si riportano nella seguente *Tabella 10* l'esempio di alcuni dati per ogni singolo ambito.

| Ambito | Indicatori |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| Impiego del metano negli impianti di | Potenza di riscaldamento (kW) |

| | |
|--|---|
| riscaldamento | Potenza specifica (W/m ³) Fattore di capacità (-) |
| Diffusione di impianti ad energia solare | Energia termica producibile (kW) Potenza specifica (W/m ³) |

Tabella 10 - Criteri specifici definiti per l'analisi dei dati in ciascun ambito

Per lo sviluppo di alcuni degli indicatori riportati nelle precedenti tabelle è necessario introdurre delle assunzioni e delle ipotesi, illustrate dettagliatamente nel *Capitolo 5.3*.

Inoltre è stato necessario comunque operare una distinzione tra indicatori semplici e composti, secondo quanto riportato nelle sezioni successive del lavoro.

5.1 Descrizione dell'architettura del database

Dato l'ampio panorama degli ambiti di intervento, l'eterogeneità dei dati da gestire e la varietà delle elaborazioni da compiere sui dati, si riporta di seguito la descrizione del Database e di ogni suo singolo campo, creato in formato Excel.

Nel dettaglio sono stati suddivisi i dati analizzati in tre sezioni:

- "DATI";
- "ELABORAZIONI";
- "INDICATORI".

Nel primo foglio elettronico, denominato "Dati", vengono riportate tutte le informazioni per ogni intervento; tali dati sono suddivisi in 5 settori di indagine all'interno dei quali sono riportate *in primis* le informazioni comuni a tutti gli ambiti di incentivazione analizzati e successivamente ulteriori informazioni specifiche per ogni ambito. Il foglio "Elaborazioni" serve per lo svolgimento delle elaborazioni dei dati disponibili mentre nel foglio "Indicatori" vengono riportate tutte le informazioni ritenute utili e significative per la descrizione e la valutazione degli interventi analizzati.

Un'ulteriore supporto è il foglio "Assunzioni" nel quale si riportano i fattori di conversione energetica, i fattori di emissione atmosferica e i costi utilizzati nelle formule interne al Database, meglio esplicitate nei capitoli successivi.

Si riassume di seguito (*Figura 9*), la suddivisione dei campi e quindi la struttura del database in formato Excel.

| SCHEDE | Settori di indagine | Campi dei settori di indagine |
|---|---|--|
| <p>DATI</p> <p>ELABORAZIONI</p> <p>INDICATORI</p> | <p>Indicizzazione Dati geografici Dati tecnici Dati economici Dati amministrativi</p> <p>Elaborazione dati tecnici Elaborazione dati economici</p> <p>Elaborazione dati energetico-ambientali</p> <p>Indicatore di identificazione Indicatori di progetto Indicatori economici Indicatori energetico-ambientali</p> | <p>Codice identificativo Bando, ecc. Indirizzo, Comune, ecc. GG, Zona climatica, Potenza, ecc. Preventivo investimenti, ecc. Atto finanziamento</p> <p>Fabbisogno energetico, ecc. Costo combustibile per impianto, ecc.</p> <p>Energia primaria fossile evitata, ecc.</p> <p>Chiave unica di intervento Energia prodotta, ecc. Tempo di ritorno, ecc. Emissioni evitate, ecc.</p> |

Figura 9 - Rappresentazione schematica dell'organizzazione del Database

Di seguito vengono riassunti in modo schematico tutti i campi indagati nel Database, facendo distinzione tra quelli comuni a tutti gli ambiti e quelli che invece sono propri di ogni specifico settore analizzato in questa tesi (Figura 10 foglio “Dati”, Figura 11 foglio “Elaborazioni”, Figura 12 foglio “Indicatori”). Per distinguere i campi specifici relativi ad ogni singolo ambito viene utilizzata la seguente legenda:

ME = Impiego del metano negli impianti di riscaldamento;

ST = Diffusione di impianti ad energia solare, i collettori solari termici;

| Settori di indagine | Campi dei settori di indagine | |
|---------------------|---|---|
| Indicizzazione | Codice identificativo Bando Codice monitoraggio numero Codice monitoraggio lettera Codice ID Protocollo Regione Lombardia Data protocollo Regione Lombardia Codice protocollo Finlombarda | Codice CURIT Soggetto Privato (P) o Ente pubblico (E) <div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 10px;">ME</div> |

| | | |
|------------------------|--|--|
| <p>Dati geografici</p> | <p>Via, alzaia, bastioni, ecc. Denominazione Via, ecc. N° Comune CAP Provincia</p> | |
| <p>Dati tecnici</p> | <p>Gradi Giorno (GG) Zona climatica (-) Anno attivazione impianto (anno) Destinazione d'uso Categoria edificio (D.P.R. 412/93)</p> | <p>Marca (-) Modello (-) Potenza termica totale installata (kW_t)</p> <hr/> <p>Fattore di carico, FC (-) ME Consumo combustibile (m³/anno) Potenza termica al focolare installato per generatore da Bando (kW_t) Potenza termica al focolare installata per generatore da CURIT (kW_t) Potenza termica al focolare installata per generatore da CURIT (kW_t) Numero generatori da Bando (-) Volume riscaldato (m³) Fluido termovettore (1=acqua calda; 2=aria calda; 3=altro) Tipologia impianto (C=centralizzato; A=autonomo) Tipologia caldaia (Condensazione: 1=si o 2=no) Efficienza caldaia (DPR 660/96) (n° stelle) Rendimento termico da prova fumi per generatore (%) Rendimento termico da prova fumi (%)</p> |
| <p>Dati tecnici</p> | | <p>Numero di collettori installati Volume complessivo dell'accumulo (l) Tipologia collettori (p: Piano vetrato; n: Piano non vetrato; s: Sottovuoto) Superficie complessiva dei collettori (m²) F^l_{ta} (-) ST F^l_{UI} (W/m²K) Inclinazione dei collettori (°) Orientamento dei collettori (°) Fabbisogno giornaliero di ACS (l/g persona) Numero utenti (-) Fabbisogno energetico stimato (kWh/anno) Radiazione solare incidente (kWh/m²anno)</p> |

| | | | |
|----------------|---|---|----|
| Dati economici | Preventivo del costo totale (€) Costo totale a fine lavori (€) Contributo assegnato (€) Contributo corrisposto (€) Criterio di erogazione del contributo (E = Producibilità; C = Costo intervento, P = Potenza) | Addendum (€) Contributo assegnato totale (Contributo al kW _t + Addendum) (€) Contributo corrisposto per generatore (€) | ME |
| | | | |

Figura 10 - Rappresentazione schematica del foglio della dei "Dati"

| Settori di indagine | Campi dei settori di indagine |
|-----------------------------|--|
| Elaborazione dati tecnici | Potenza totale Bando per Potenza totale CURIT (-) ME |
| | Superficie totale dichiarata (m ²) ST Fabbisogno di ACS dichiarato (l) Fabbisogno energetico per ACS dichiarato (kWh/anno) Fabbisogno energetico per riscaldamento dichiarato (kWh/anno) Energia termica producibile dichiarata (kWh/anno) Superficie unitaria d'apertura da inventario (m ²) Superficie totale stimata (m ²) Fabbisogno energetico per ACS stimato (kWh/anno) Fabbisogno energetico per riscaldamento stimato (kWh/anno) Fabbisogno energetico totale stimato (kWh/anno) Radiazione solare incidente stimata (kWh/anno) Frazione di copertura del fabbisogno stimato (%) Energia termica producibile lorda stimata (kWh/anno) Energia termica producibile netta stimata (kWh/anno) Energia termica producibile nel tempo di vita (kWh) |
| Elaborazione dati economici | Costo gasolio per impianto. Caso sostituito (€) ME Costo metano per impianto. Caso nuovo (€) Risparmio medio annuo ottenuto con la sostituzione dell'impianto (€) |

| | | |
|--|--|--|
| <p>Elaborazione dati energetico-ambientali</p> | <p>Energia primaria fossile evitata (TEP/anno)</p> | <p>Emissioni evitate: NO_x (kg/anno) Emissioni evitate: SO₂ (kg/anno) Emissioni evitate: CO_{2-eq} (t/anno) Consumo termico specifico. Stimato (kWh/m²anno) Consumo termico specifico. Normativa (kWh/m²anno) Ipotesi di consumo termico specifico del sistema sostituito (Gasolio) (kWh/m²anno) Consumo termico specifico. Stimata (kWh/anno) Ipotesi di consumo termico specifico del sistema sostituito (Gasolio) (kWh/anno)</p> |
|--|--|--|

Figura 11 - Rappresentazione schematica del foglio delle "Elaborazioni"

| Settori di indagine | Campi dei settori di indagine | |
|-------------------------------|---|----|
| Indicatore di identificazione | Chiave unica di intervento | |
| Indicatori di progetto | Potenza termica al focolare totale installata per Volume riscaldato (W _t /m ³) | ME |
| | Energia termica producibile (kWh/anno) Energia termica producibile nel tempo di vita (kWh) Frazione di copertura del fabbisogno termico (%) Rendimento impianto solare (%) Indicatore di pertinenza dell'energia producibile dichiarata (%) | ST |

| | | |
|--|---|---|
| <p>Indicatori economici</p> | <p>Contributo Corrisposto per Contributo Assegnato (-) Costo totale per Energia termica prodotta nel tempo di vita (€/MWh_t [ST]) Costo totale per Consumo di combustibile nel tempo di vita (€/MWh_t [ME]) Costo totale per Potenza totale installata (€/kW_t) Costo totale per Lunghezza di rete, Superficie, Volume (€/m² [ST], €/m³ [ME]) Contributo corrisposto per Energia termica prodotta nel tempo di vita (€/MWh_t [ST]) Contributo corrisposto per Consumo di combustibile nel tempo di vita (€/MWh_t [ME]) Contributo corrisposto per Potenza totale installata (€/kW_t) Contributo corrisposto per Lunghezza di rete, Superficie, Volume (€/m² [ST], €/m³ [ME]) Tempo di ritorno semplice del Costo totale (anni) Tempo di ritorno semplice dell'Investimento (anni)</p> | |
| <p>Indicatori energetico-ambientali</p> | <p>Energia primaria fossile evitata nel tempo di vita (TEP) Emissioni evitate NO_x nel tempo di vita (kg) Emissioni evitate SO₂ nel tempo di vita (kg) Emissioni evitate CO_{2-eq} nel tempo di vita (t) Costo totale per energia primaria fossile evitata nel tempo di vita (€ /TEP) Contributo corrisposto per energia primaria fossile evitata nel tempo di vita (€ /TEP) Costo totale per Emissioni evitate CO_{2-eq} nel tempo di vita (€/ tCO_{2-eq}) Contributo corrisposto per Emissioni evitate CO_{2-eq} nel tempo di vita (€/ tCO_{2-eq})</p> | <p>Energia primaria fossile evitata nel tempo di vita per Potenza installata (TEP/kW) Energia primaria fossile evitata per Energia termica prodotta nel tempo di vita (TEP/MWh[ST]) Energia primaria fossile evitata per Consumo di combustibile nel tempo di vita (TEP/MWh_t [ME]) Emissioni evitate CO_{2-eq} nel tempo di vita per Potenza installata (tCO_{2-eq}/kW_t)</p> |

Figura 12 - Rappresentazione schematica del foglio degli "Indicatori"

5.2 Elaborazione dei dati

Si descrivono di seguito tutte le elaborazioni svolte sui dati contenuti nel Database. In particolare si riporta la descrizione di come sono state considerate le informazioni disponibili e come sono stati calcolati e verificati i dati non disponibili o non del tutto attendibili.

Per completezza d'informazione quando il dato viene elaborato si riporta, subito dopo la descrizione del campo, la formula utilizzata per il calcolo. Per semplicità di lettura la formula viene elaborata rappresentando il dato utilizzato con il nome utilizzato nel Database.

5.2.1 Impianti a metano

Il Database sugli impianti a metano si differenzia sensibilmente dal solare termico in quanto ogni singolo impianto è costituito da più elementi, ovvero i diversi generatori, che complessivamente rappresentano l'intero sistema incentivato. Per questo motivo vengono distinti i dati specifici del singolo generatore e quelli dell'intero impianto.

Inoltre, per il Bando 3, avendo fatto riferimento al Catasto CURIT, per alcuni impianti non si è trovata la corrispondenza tra il numero di generatori indicato nel Catasto e quello indicato nelle domanda di incentivazione. Infatti, rispetto ai dati da Bando inseriti nel Database, per il 5 % dei casi analizzati si ha una quantità di generatori inferiore a quella indicato nel Catasto CURIT e per il 10 % una quantità superiore. Per questo motivo nel Database sono stati riportati i dati relativi alle potenze ed al numero di generatori desunte sia dal Bando sia dal Catasto CURIT. I dati relativi ad ogni singolo generatore sono riferiti ai dati del Catasto CURIT, quindi, nel caso in cui ci fossero più generatori nel Bando rispetto a quelli indicati nel Catasto CURIT, il campo è stato contrassegnato con il simbolo “-“. Le elaborazioni statistiche sono state invece eseguite in funzione dei dati di potenza da Bando, in quanto il contributo è determinato in funzione di questa potenza.

Al fine di semplificare il confronto con gli altri ambiti elaborati nel Database sono stati riportati i soli dati riferiti all'intero impianto, come illustrato di seguito.

L'elenco riporta le informazioni di base così come sono stati suddivisi i dati nelle diverse categorie:

- Indicizzazione (cod. identificativo Bando, codice ID, protocollo Regione Lombardia, ecc.)
- Dati geografici (via, comune, provincia, CAP, ecc.)
- Dati tecnici (gradi giorno, marca e modello, potenza termica, efficienza, ecc.)
- Dati economici (preventivo, costo totale, contributo corrisposto, addendum, ecc.)

Le elaborazioni sono state suddivise nelle seguenti categorie:

- Dati economici (*Tabella 11*)
- Dati energetico-ambientali (*Tabella 12*)

La determinazione di tali dati è esplicitata nelle seguenti tabelle:

| ELABORAZIONE DATI ECONOMICI |
|---|
| Costo gasolio per impianto (€) Caso sostituito |
| Ammontare del costo del gasolio nel sistema sostituito. I costi sono considerati medi nell'arco di tempo di vita dell'impianto in oggetto. (Campo riferito all'impianto) |
| $\begin{aligned} &Costo_{GasolioPerImpianto\ CasoSostituito} \\ &= (IpotesiConsumoTermicoSpecificoSistemaSostituito \\ &\times CostoMedioNelTempoDiVita)_{Gasolio} \end{aligned}$ |
| Costo metano per impianto (€) Caso nuovo |
| Ammontare del costo del metano nel nuovo sistema. I costi sono considerati medi nell'arco di tempo di vita dell'impianto in oggetto. (Campo riferito all'impianto) |
| $\begin{aligned} &Costo_{MetanoPerImpianto\ CasoNuovo} \\ &= (ConsumoTermicoSpecificoStimato \\ &\times CostoMedioNelTempoDiVita)_{GasNaturale} \end{aligned}$ |
| Risparmio medio annuo ottenuto con la sostituzione dell'impianto (€) |
| Il risparmio medio annuo è calcolato facendo la differenza tra il costo annuo necessario per l'acquisto del gasolio dell'impianto sostituito e quello relativo al gas naturale del nuovo sistema. (Campo riferito all'impianto) |
| $RisparmioMedioAnnuo = CostoCombustibilePerImpianto\ CasoPrecedente - CostoCombustibilePerImpianto\ CasoNuovo$ |

Tabella 11 - Descrizione dei dati economici "Elaborati"

| ELABORAZIONE DATI ENERGETICO-AMBIENTALI |
|--|
| Energia primaria fossile evitata in un anno (TEP/anno) |
| L'energia primaria fossile evitata è espressa in TEP; il calcolo si basa sulla differenza tra le TEP associabili al sistema sostituito e quelle associabili al sistema incentivato. (Campo riferito all'impianto) |
| Se la caldaia è a condensazione o se non è nota la tipologia di caldaia: |
| $TEP_{TipoCaldaiaNonNoto/CaldaiaCondensazione} = \left(\frac{((ConsumoCombustibile \times PCI_{GasNaturale} \times \eta_{CaldaiaCondensazione})}{\eta_{CaldaiaGasolio}} - (ConsumoCombustibile \times PCI_{GasNaturale}) \right) \div Conversione \left(\frac{TEP}{kWh} \right)$ |
| Se la caldaia non è a condensazione: |
| $TEP_{CaldaiaCondensazione} = \left(\frac{((ConsumoCombustibile \times PCI_{GasNaturale} \times \eta_{CaldaiaNONCondensazione})}{\eta_{CaldaiaGasolio}} - (ConsumoCombustibile \times PCI_{GasNaturale}) \right) \div Conversione \left(\frac{TEP}{kWh} \right)$ |
| Emissioni evitate: NO_x (kg/anno) |
| Emissioni evitate di NO _x , stimate calcolando la differenza tra le emissioni derivanti dal sistema preesistente e quelle derivanti dal nuovo sistema installato (Riferimento ai dati forniti rispetto ad un singolo anno). (Campo riferito all'impianto) |
| Emissioni evitate: SO₂ (kg/anno) |
| Emissioni evitate di SO ₂ , stimate calcolando la differenza tra le emissioni derivanti dal sistema preesistente e quelle derivanti dal nuovo sistema installato (Riferimento ai dati forniti rispetto ad un singolo anno). (Campo riferito all'impianto) |
| Emissioni evitate: CO₂-eq (t/anno) |
| Emissioni evitate di CO ₂ -eq, stimate calcolando la differenza tra le emissioni derivanti dal sistema preesistente e quelle derivanti dal nuovo sistema installato (Riferimento ai dati forniti rispetto ad un singolo anno). (Campo riferito all'impianto) |
| Emissioni evitate: NO_x, SO₂, CO₂-eq (kg/anno, t/anno) |
| Se la caldaia è a condensazione o se non è nota la tipologia di caldaia: |
| $EmissioniEvitate_{CaldaiaCondensazione} = \left(\left(\frac{((ConsumoCombustibile \times PCI_{GasNaturale} \times \eta_{GasNaturaleCondensazione})}{\eta_{CaldaiaGasolio}} \times FattoreEmissione_{Gasolio} \right) - ((ConsumoCombustibile \times PCI_{GasNaturale}) \times FattoreEmissione_{GasNaturaleCondensazione}) \right)$ |
| Se la caldaia non è a condensazione: |
| $EmissioniEvitate_{CaldaiaNONCondensazione} = \left(\left(\frac{((ConsumoCombustibile \times PCI_{GasNaturale} \times \eta_{GasNaturale})}{\eta_{CaldaiaGasolio}} \times FattoreEmissione_{Gasolio} \right) - ((ConsumoCombustibile \times PCI_{GasNaturale}) \times FattoreEmissione_{GasNaturale}) \right)$ |

| |
|--|
| Consumo termico specifico - Stimato (kWh/m²anno) |
| Consumo stimato in funzione del combustibile utilizzato per unità di superficie dichiarata. La superficie riscaldata è stata determinata dividendo il volume riscaldato per un'altezza interna degli ambienti ipotizzata mediamente pari a 3 m. (Campo riferito all'impianto) |
| $\text{ConsumoTermicoSpecifico_Stimato} = \frac{\text{ConsumoDiCombustibile} \times \text{PCI}_{\text{GasNaturale}}}{\left(\frac{\text{VolumeRiscaldato}}{3}\right)}$ |
| Consumo termico specifico - Normativa (kWh/m²anno) |
| Valutato come suggerito dalla normativa vigente in materia di energia, incrociando i dati di zona climatica e gradi-giorno compatibili con il progetto analizzato; il rapporto S/V è stato posto pari al valore medio di 0,55. (Campo riferito all'impianto) |
| Ipotesi di consumo di energia termica specifica del sistema sostituito (Gasolio) (kWh/m²anno) |
| Consumo per unità di superficie dichiarata, stimato in funzione della domanda attuale ed ipotizzando dei rendimenti medi della nuova soluzione impiantistica rispetto a quella preesistente. (Campo riferito all'impianto) |
| Se la caldaia è a condensazione o se non è nota la tipologia di caldaia: |
| $\text{IpotesiDiConsumoTermicoSpecificoDelSistemaSostituito} = \frac{\text{ConsumoTermicoSpecifico_Stimato} \times \eta_{\text{GasNaturaleCondensazione}}}{\eta_{\text{CaldaiaGasolio}}}$ |
| Se la caldaia non è a condensazione: |
| $\text{IpotesiDiConsumoTermicoSpecificoDelSistemaSostituito} = \frac{\text{ConsumoTermicoSpecifico_Stimato} \times \eta_{\text{GasNaturale}}}{\eta_{\text{CaldaiaGasolio}}}$ |

Tabella 12 – Descrizione dei dati energetico-ambientali “Elaborati”

Gli indicatori sono stati suddivisi nelle seguenti categorie:

- Indicatore d'identificazione
- Indicatori di progetto
- Indicatori economici
- Indicatori energetico ambientali

La determinazione di tali dati è esplicitata nella seguente *Tabella 13*:

| |
|---|
| INDICATORE DI IDENTIFICAZIONE |
| Chiave univoca intervento |
| Valore richiamato dai Dati unendo i campi “Codice identificativo Bando”, “Codice monitoraggio numero” e “Codice monitoraggio lettera”. (Campo riferito al generatore) |

| INDICATORI DI PROGETTO |
|--|
| Potenza termica al focolare totale installata per Volume riscaldato (W/m^3) |
| Indicatore che consente di valutare l'efficienza del progetto. (Campo riferito all'impianto) |
| INDICATORI ECONOMICI |
| Contributo corrisposto per Contributo assegnato (-) |
| Rapporto tra contributo assegnato e contributo corrisposto; tale dato consente di stimare l'eventuale variazione del contributo finale erogato. (Campo riferito all'impianto) |
| Costo totale per Consumo di combustibile nel tempo di vita ($€/MWh_t$) |
| Rapporto tra il costo totale per la realizzazione dell'impianto e l'energia termica prodotta dall'impianto. (Campo riferito all'impianto) |
| Costo totale per potenza installata ($€/W_t$) |
| Rapporto tra il costo totale e la potenza dichiarata da Bando. Tale indicatore consente di confrontare immediatamente interventi differenti e di valutarne, almeno a livello preliminare, l'efficienza economico-finanziaria. (Campo riferito all'impianto) |
| Costo totale per Volume riscaldato ($€/m^3$) |
| Ammontare del costo totale per unità di volume riscaldato. Tale indicatore consente di confrontare immediatamente interventi differenti e di valutarne, almeno a livello preliminare, l'efficienza economico-finanziaria. (Campo riferito all'impianto) |
| Contributo corrisposto per Consumo di combustibile ($€/MWh_t$) |
| Rapporto tra l'ammontare del contributo corrisposto e consumo di combustibile. Tale indicatore consente di confrontare immediatamente interventi differenti e di valutarne, almeno a livello preliminare, l'efficienza economico-finanziaria. (Campo riferito all'impianto) |
| Contributo corrisposto per Potenza installata da Bando ($€/W_t$) |
| Rapporto tra l'ammontare del contributo corrisposto e la potenza installata da Bando. Tale indicatore consente di confrontare immediatamente interventi differenti e di valutarne, almeno a livello preliminare, l'efficienza economico-finanziaria. (Campo riferito all'impianto) |
| Contributo corrisposto per Volume riscaldato ($€/m^3$) |
| Rapporto tra l'ammontare del contributo corrisposto e il volume edilizio riscaldato. Tale indicatore consente di confrontare immediatamente interventi differenti e di valutarne, almeno a livello preliminare, l'efficienza economico-finanziaria. (Campo riferito all'impianto) |
| INDICATORI ENERGETICO-AMBIENTALI |
| Energia primaria fossile evitata nel tempo di vita (TEP) |
| Energia primaria fossile evitata nel tempo di vita, stimato in 15 anni. (Campo riferito all'impianto) |
| Emissioni evitate: NO_x nel tempo di vita (kg) |
| Quantificazione del macroinquinante evitato nel tempo di vita, stimato in 15 anni. (Campo riferito all'impianto) |
| Emissioni evitate: SO_2 nel tempo di vita (kg) |
| Quantificazione del macroinquinante evitato nel tempo di vita, stimato in 15 anni. (Campo riferito all'impianto) |
| Emissioni evitate: CO_{2-eq} nel tempo di vita (t) |
| Quantificazione del macroinquinante evitato nel tempo di vita, stimato in 15 anni. (Campo riferito all'impianto) |
| Costo totale per TEP nel tempo di vita ($€/TEP$) |
| Costo totale dell'impianto rispetto alla quantità di energia primaria fossile evitata nel |

| |
|--|
| tempo di vita, stimato in 15 anni. (Campo riferito all'impianto) |
| Contributo corrisposto per TEP nel tempo di vita (€/TEP) |
| Ammontare del contributo corrisposto relativamente all'impianto rispetto alla quantità di energia primaria fossile evitata nel tempo di vita, stimato in 15 anni. (Campo riferito all'impianto) |
| Costo totale per Emissioni evitate CO_{2-eq} nel tempo di vita (€/CO_{2-eq}) |
| Costo totale dell'impianto rispetto alla quantità di CO _{2-eq} evitata nel tempo di vita, stimato in 15 anni. (Campo riferito all'impianto) |
| Contributo corrisposto per Emissioni evitate CO_{2-eq} nel tempo di vita (€/CO_{2-eq}) |
| Ammontare del contributo corrisposto rispetto alla quantità di emissioni evitate di CO _{2-eq} nel tempo di vita, stimato in 15 anni. (Campo riferito all'impianto) |
| Energia primaria fossile evitata nel tempo di vita per Potenza installata (TEP/kW_t) |
| Tale parametro individua la quantità di energia primaria fossile evitata nel tempo di vita, stimato in 15 anni per ogni unità di potenza installata in centrale termica. (Campo riferito all'impianto) |
| Energia primaria fossile evitata per Energia termica prodotta nel tempo di vita (TEP/MWh_t) |
| Tale parametro individua la quantità di energia primaria fossile evitata nel tempo di vita, stimato in 15 anni per ogni unità di energia termica prodotta. (Campo riferito all'impianto) |
| Emissioni evitate: CO_{2-eq} nel tempo di vita per Potenza installata (tCO_{2-eq}/kW_t) |
| Tale parametro identifica le tonnellate di CO _{2-eq} evitate nel tempo di vita stimato in 15 anni per ogni unità di potenza installata in centrale termica. (Campo riferito all'impianto) |

Tabella 13 – Descrizione degli “Indicatori” di progetto, economici ed energetico ambientali

5.2.2 Impianti solari termici

In questo ambito è stato possibile analizzare i dati riguardanti le incentivazioni dei collettori solari termici e non quelli riguardanti la realizzazione dell'impianto industriale per la produzione di sistemi fotovoltaici a celle in tellururo di cadmio in quanto tale intervento rappresenta l'incentivazione di un sistema di produzione del prodotto tecnologico.

Per i collettori solari termici, al fine di poter ottenere degli indicatori finali il più possibile esaustivi, nei casi in cui si è rilevata una grave carenza dei dati di input, come illustrato successivamente, sono stati assunti dei valori medi o da letteratura, ovviando così alle mancanze riscontrate nei dati acquisiti. Inoltre, al fine di poter ottenere degli indicatori maggiormente attendibili, si è proceduto in tutti i casi al ricalcolo della produttività netta degli impianti mediante il Metodo F-Chart, secondo quanto illustrato nella Norma UNI 8477 – “Energia solare. Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia. Valutazione degli apporti ottenibili mediante sistemi attivi o passivi”. È stato quindi possibile ricalcolare con questa procedura il 73% del campione totale dei casi analizzati, secondo quanto dettagliato nella *Figura 13* e nella *Tabella 14*.

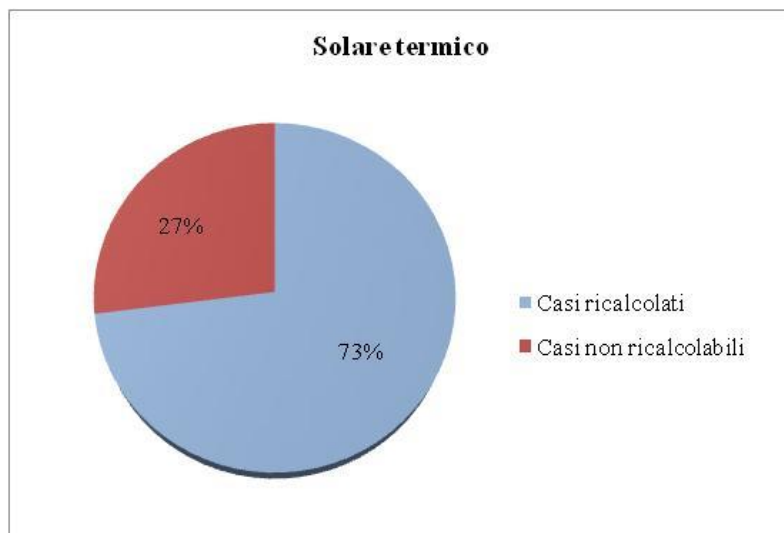


Figura 13 - Elaborazione dei dati sugli impianti solari termici; quadro totale dei casi ricalcolati in base ai dati disponibili

Nella successiva *Tabella 14* viene indicata anche la percentuale di domande contenenti dati esaustivi riguardanti la tipologia di collettori utilizzati (marca, modello e parametri prestazionali) e il fabbisogno di energia termica dell'utenza.

| Bando | Produttività ricalcolata (%) | Informazioni sulla tipologia di collettore (%) | Fabbisogno energetico (%) | Quota degli edifici residenziali (%) |
|---------------|-------------------------------------|---|----------------------------------|---|
| 1 | 70 | 20 | 0 | 88 |
| 2a | 67 | 20 | 0 | 91 |
| 2b | 54 | 20 | 0 | 78 |
| 2c | 93 | 100 | 58 | 90 |
| 3 | 31 | 100 | 30 | 3 |
| 4 | 68 | 100 | 51 | 3 |
| 5 | 0 | 30 | 0 | 30 |
| 6 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| Totale | 73 | 54 | 23 | 79 |

Tabella 14 - Confronto tra le produttività ricalcolate e la quantità di dati a disposizione

Anche in questo caso i dati di base sono stati suddivisi in diverse categorie:

- Indicizzazione (cod. identificativo Bando, codice ID, protocollo Regione Lombardia, ecc.)
- Dati geografici (via, comune, provincia, CAP, ecc.)
- Dati tecnici (gradi giorno, inclinazione e orientamento, superficie, efficienza, ecc.)
- Dati economici (preventivo, costo totale, contributo corrisposto, addendum, ecc.)

Le elaborazioni sono state suddivise nelle seguenti categorie:

- Dati tecnici
- Dati ambientali

La determinazione di tali dati è esplicitata nella seguente *Tabella 15*:

| ELABORAZIONE DATI TECNICI |
|--|
| Superficie totale dichiarata (m²) |
| Valore dichiarato nel materiale fornito da Regione Lombardia che indica la superficie captante totale installata. |
| Fabbisogno di ACS dichiarato (l) |
| Valore dichiarato nel materiale fornito da Regione Lombardia che indica i litri di ACS necessari all'utenza in un anno, utilizzati per svolgere il calcolo dell'energia termica producibile dichiarata. |
| Fabbisogno energetico per ACS dichiarato (kWh/anno) |
| Valore dichiarato nel materiale fornito da Regione Lombardia che indica l'energia termica necessaria a fornire i litri di ACS necessari dichiarati in un anno. |
| Fabbisogno energetico per riscaldamento dichiarato (kWh/anno) |
| Valore dichiarato nel materiale fornito da Regione Lombardia che indica l'energia termica necessaria all'utenza in un anno per soddisfare la domanda di riscaldamento, utilizzati per svolgere il calcolo dell'energia termica producibile dichiarata. |
| Energia termica producibile dichiarata (kWh/anno) |
| Valore dichiarato nel materiale fornito da Regione Lombardia che indica l'energia termica producibile dall'impianto solare termico in un anno. |

| |
|--|
| Superficie unitaria d'apertura da Inventario (m²) |
| Superficie d'apertura di un collettore, in base alla marca ed al modello. |
| Superficie totale stimata (m²) |
| Superficie complessiva dell'impianto solare, ottenuta dalla moltiplicazione della superficie d'apertura del singolo collettore e il numero di collettori installati. |
| Fabbisogno energetico per ACS stimato (kWh/anno) |
| Quantità annua di energia termica necessaria per la produzione di acqua calda sanitaria, espressa in kWh. Tale valore viene calcolato in base ai litri/giorno persona stimati in base alla categoria di edificio. |
| Fabbisogno energetico per riscaldamento stimato (kWh/anno) |
| Quantità annua di energia termica necessaria per il riscaldamento, espressa in kWh. Nei casi in cui la destinazione d'uso preveda sia ACS che riscaldamento e venga dichiarato solo il fabbisogno totale questo viene scorporato; la quantità di energia per ACS viene ricalcolata e detratta dal totale. |
| Fabbisogno energetico totale stimato (kWh/anno) |
| Quantità annua totale di energia termica necessaria, espressa in kWh. |
| Radiazione solare incidente stimata (kWh/anno) |
| Valore ottenuto moltiplicando la radiazione solare incidente per la superficie complessiva installata. |
| Frazione di copertura del fabbisogno stimato (%) |
| Frazione percentuale del carico termico annuo dell'utenza coperta dall'impianto solare, calcolata mediante il Metodo F-chart ³³ . |
| Energia termica producibile lorda stimata (kWh/anno) |
| Energia termica massima teoricamente producibile dall'impianto. |
| Energia termica producibile netta stimata (kWh/anno) |
| Energia utile ottenuta come prodotto tra la frazione di copertura del fabbisogno termico ed il fabbisogno termico stesso dell'utenza, in un anno, calcolata mediante il metodo f-chart. |
| Energia termica producibile nel tempo di vita (kWh) |
| Energia utile ottenuta come prodotto tra la frazione di copertura del fabbisogno termico ed il fabbisogno termico stesso dell'utenza moltiplicata per il numero di anni di vita dell'impianto. Nel caso in cui l'energia termica producibile non possa essere calcolata viene moltiplicata per 20 anni l'energia producibile dichiarata. |
| ELABORAZIONE DATI AMBIENTALI |
| Energia primaria fossile evitata (TEP/anno) |
| Energia primaria evitata grazie all'utilizzo dell'impianto solare termico, espressa in TEP. |
| $(TEP / anno) = \frac{(kWh / anno) \cdot (1,53)}{11628}$ |
| Con: |
| TEP/anno = energia primaria fossile evitata in un anno; |
| kWh/anno = energia termica producibile in un anno (campo 14); |
| 1,53 = fattore di conversione medio pesato dell'energia termica in energia primaria, calcolato considerando il parco impiantistico medio lombardo. |
| 11628 = Fattore di conversione kWh - TEP. |

Tabella 15 - Descrizione dei dati tecnici e ambientali "Elaborati"

³³ UNI 8477-2, "Energia solare. Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia. Valutazione degli apporti ottenibili mediante sistemi attivi o passivi", Dicembre 1985.

Gli indicatori sono stati suddivisi nelle seguenti categorie:

- Indicatori di progetto
- Indicatori economici
- Indicatori ambientali

La determinazione di tali dati è esplicitata nella seguente *Tabella 16* :

| INDICATORI DI PROGETTO |
|---|
| Energia termica producibile (kWh/anno) |
| Energia termica producibile netta stimata o dichiarata in un anno. |
| Energia termica producibile nel tempo di vita (kWh) |
| Frazione di copertura del fabbisogno termico |
| Rendimento impianto solare (%) |
| Valore determinato come rapporto tra l'energia termica producibile e la radiazione solare incidente sulla superficie del medesimo. |
| Indicatore di pertinenza dell'energia producibile dichiarata (%) |
| Rapporto tra l'energia termica netta producibile calcolata e l'energia termica producibile dichiarata. |
| INDICATORI ECONOMICI |
| Contributo corrisposto su contributo assegnato |
| Rapporto tra il totale corrisposto e il contributo assegnato. Tale indicatore permette di ottenere delle valutazioni sul processo progettuale e sulla pertinenza delle valutazioni tecnico-economiche fatte inizialmente. La pertinenza è alta quando questo indicatore tende a 1, cioè nel caso in cui il progetto non abbia subito sostanziali modifiche. |
| Costo totale per energia termica prodotta (€/kWh) |
| Rapporto tra l'esborso finale corrisposto dal soggetto beneficiario a fine lavori e l'energia termica netta prodotta durante il periodo di vita dell'impianto. Nel caso in cui non sia presente il dato relativo al costo totale a fine lavori verrà utilizzato il campo indicante il costo preventivato. |
| Costo totale per potenza (€/kW) |
| Rapporto tra l'esborso finale corrisposto dal soggetto beneficiario a fine lavori e la potenza dell'impianto. Nel caso in cui non sia presente il dato relativo al costo totale a fine lavori verrà utilizzato il campo indicante il costo preventivato. |
| Costo totale per superficie (€/m²) |
| Rapporto tra l'esborso finale corrisposto dal soggetto beneficiario a fine lavori e la superficie complessiva dei collettori. Nel caso in cui non sia presente il dato relativo al costo totale a fine lavori verrà utilizzato il campo indicante il costo preventivato. |
| Contributo corrisposto per energia termica prodotta (€/kWh) |
| Rapporto tra il contributo corrisposto e l'energia termica netta prodotta durante il periodo di vita dell'impianto. Nel caso in cui manchi il dato relativo al contributo corrisposto verrà utilizzato il campo indicante il contributo assegnato. |
| Contributo corrisposto per potenza (€/kW) |
| Rapporto tra il contributo corrisposto e la potenza dell'impianto. Nel caso in cui manchi il dato relativo al contributo corrisposto verrà utilizzato il campo indicante il contributo assegnato. |
| Contributo corrisposto per superficie (€/m²) |
| Rapporto tra il contributo corrisposto e la superficie complessiva dei collettori. Nel |

| |
|--|
| caso in cui manchi il dato relativo al contributo corrisposto verrà utilizzato il campo indicante il contributo assegnato. |
| INDICATORI AMBIENTALI |
| Energia primaria fossile evitata nel tempo di vita (TEP) |
| Energia primaria fossile evitata nel tempo di vita per la potenza installata (TEP/kW) |
| Rapporto tra l'energia primaria fossile evitata in 20 anni e la potenza dell'impianto. |
| Energia primaria fossile evitata nel tempo di vita per l'energia termica producibile (TEP/MWh) |
| Rapporto tra l'energia primaria fossile evitata in 20 anni e l'energia termica producibile netta calcolata nel periodo di vita espressa in MWh. |
| Emissioni evitate nel tempo di vita (kg NO_x) |
| Quantificazione del macroinquinante evitato in 20 anni calcolato nel seguente modo: $EE_{Nox} = \frac{Et_producibile20}{\eta} \cdot FE_{Nox}$ |
| Con: EE _{Nox} = quantità di emissioni di NO _x evitate in 20 anni Et_producibile20= energia termica producibile in 20 anni (η) = rendimento medio pesato, pari a 0,72 FE _{Nox} = fattore di emissione medio pesato, pari a 0,00024 kg/kWh |
| Emissioni evitate nel tempo di vita (kg SO₂) |
| Quantificazione del macroinquinante evitato in 20 anni, utilizzando però un fattore di emissione pari a 0,00008 kg/kWh. |
| Emissioni evitate nel tempo di vita (kg CO_{2-eq}) |
| Quantificazione del macroinquinante evitato in 20 anni, utilizzando però un fattore di emissione pari a 0,222 kg/kWh. |
| Emissioni evitate di -eq nel tempo di vita per la potenza installata (kgCO_{2-eq}/kW) |
| Quantificazione del macroinquinante evitato in 20 anni, calcolato rispetto alla potenza installata. |
| Costo totale per energia primaria fossile evitata nel tempo di vita (€/TEP) |
| Indicatore che rappresenta il costo globale dell'energia primaria fossile evitata, dato dal rapporto tra il costo totale a fine lavori e la quantità di energia primaria fossile evitata in 20 anni. Nel caso in cui manchi il dato relativo al costo totale a fine lavori verrà utilizzato il campo indicante il preventivo. |
| Contributo corrisposto per energia primaria fossile evitata nel tempo di vita (€/TEP) |
| Indicatore che rappresenta il costo per la collettività di ogni tonnellata di energia primaria fossile evitata, dato dal rapporto tra il contributo corrisposto e la quantità di energia primaria fossile evitata in 20 anni. Nel caso in cui manchi il dato relativo al contributo corrisposto verrà utilizzato il valore del contributo assegnato. |
| Costo totale per emissioni evitate nel tempo di vita (€/kgCO_{2-eq}) |
| Indicatore che rappresenta il costo delle emissioni evitate di CO _{2-eq} , dato dal rapporto tra il costo totale a fine lavori e la quantità in termini di CO _{2-eq} equivalente non emessa grazie agli impianti incentivati, in 20 anni. Nel caso in cui manchi il dato relativo al costo totale a fine lavori verrà utilizzato il campo indicante il preventivo. |
| Contributo corrisposto per emissioni evitate nel tempo di vita (€/kgCO_{2-eq}) |

Indicatore che rappresenta il costo per la collettività per ogni chilogrammo di CO₂-eq evitata, dato dal rapporto tra il contributo corrisposto e la quantità di anidride carbonica non emessa grazie agli impianti incentivati, in 20 anni. Nel caso in cui manchi il dato relativo al contributo corrisposto verrà utilizzato il valore del contributo assegnato.

Tabella 16 - Descrizione degli "Indicatori" di progetto, economici e ambientali

5.3 Assunzioni per le elaborazioni dei dati

Gli indicatori energetico-ambientali è stato necessario calcolarli in riferimento ai fattori di emissione atmosferica ed ai fattori di conversione energetica relativi al parco energetico lombardo. Per completezza, si è ritenuto opportuno prendere in considerazione anche i fattori di emissione atmosferica ed i fattori di conversione energetica relativi al parco energetico nazionale, ai fini di un'interpretazione più approfondita delle ricadute energetico-ambientali dei differenti interventi.

In relazione all'anno di riferimento scelto, si segnala che è stato selezionato l'anno 2008 in quanto rappresenta mediamente l'anno intermedio di messa in esercizio di tutti gli impianti analizzati.

Per il completamento del database si sono quindi integrati i seguenti dati:

- valori di PCI (Potere Calorifico Inferiore) per i principali combustibili di riferimento, forniti da Finlombarda e conformi ai valori riportati nella norma UNI10389, secondo quanto indicato in *Tabella 17*.

| Combustibile | Potere calorifico | | | | | |
|-------------------|-------------------|-----------------------|-------|---------|-------|---------|
| | | | | | | |
| Gasolio | 11,86 | (kWh/kg) | 42,70 | (MJ/kg) | 10,09 | (kWh/l) |
| Gas naturale | 9,53 | (kWh/m ³) | 47,35 | (MJ/kg) | - | (kWh/l) |
| Olio combustibile | 11,27 | (kWh/kg) | 40,57 | (MJ/kg) | - | (kWh/l) |
| GPL | 12,79 | (kWh/kg) | 46,04 | (MJ/kg) | 6,62 | (kWh/l) |

Tabella 17 - Poteri calorifici forniti da Finlombarda, impiegati nelle valutazioni contenute nel Database

- valori dei fattori di emissione, relativi al parco lombardo, utilizzati nelle valutazioni (*Tabella 18*).

| | Fattori di emissione | | |
|---|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| | NO _x (mg/kWh) | SO ₂ (mg/kWh) | CO ₂ -eq (g/kWh) |
| Caldaia a gasolio | 216 | 360 | 264,21 |
| Caldaia a gas | 137 | 1,8 | 199,91 |
| Caldaia a gas a condensazione | 45 | 1,8 | 199,91 |
| Caldaia a olio combustibile ³⁴ | 540 | 540 | 270,40 |
| GPL | 216 | 0,00 | 225,22 |
| Teleriscaldamento a biomassa | 283 | 3,6 | 0,00 |
| Teleriscaldamento RSU | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Teleriscaldamento a gas | 230 | 0,91 | 199,91 |
| Elettricità | 151 | 34 | 397,42 |
| Legenda delle Fonti: | | | |

³⁴ Nel 2008 le caldaie a olio combustibile non erano più ammesse da normativa e quindi l'ultimo dato disponibile risulta essere quello dell'anno 2005 qui riportato.

| | |
|--|---|
| | Report “Analisi dello stato attuale e valutazione delle misure di contenimento degli impatti ambientali dovuti ai consumi energetici per riscaldamento sul territorio italiano”, Responsabile scientifico Federico Butera, Politecnico di Milano, Dicembre 2011 |
| | ARPA, dati del 2008 |
| | Finlombarda – Regione Lombardia |

Tabella 18 - Fattori di emissione impiegati nei calcoli

I fattori di emissione riferiti alla caldaia a condensazione non risultavano disponibili, così per i fattori di SO₂ e CO_{2-eq} sono stati assunti i fattori forniti per le caldaie tradizionali in quanto tali dati fanno riferimento al tipo di combustibile e non al tipo di tecnologia impiegata. Per il fattore di emissione degli NO_x, invece, non è stato ritenuto opportuno assumere il valore della caldaia tradizionale per quella a condensazione, in quanto tale specifico fattore è strettamente correlato al tipo di tecnologia utilizzata. Si è così deciso di assumere il dato riportato in *Tabella 18*, all'interno del quale sono stati stimati i fattori di emissione della differenti caldaie a gas naturale dell'attuale parco nazionale italiano.

- A titolo comparativo si riportano i risultati relativi ai principali indicatori energetico-ambientali adoperati, in termini di valori aggregati per ambito e relativi all'intera vita degli interventi, ricalcolati sulla base delle prestazioni del sistema energetico nazionale anziché regionale. A tal scopo si segnala che:
 - per la ricostruzione del rendimento medio nazionale (*Tabella 19*) e dei fattori di emissione relativi a CO_{2-eq}, NO_x e SO₂, relativi alla generazione elettrica si è fatto riferimento all'Autorità dell'energia per il primo e al sito internet di SINAnet-ISPRA per il secondo;
 - per i fattori di emissione di CO_{2-eq}, NO_x e SO₂ relativi alla generazione termica, si è fatto riferimento ai valori medi regionali, ad eccezione del fattore di emissione dell'NO_x delle caldaie a gas. Tale valore è stato estrapolato da altro studio³⁵, ed è pertanto effettivamente riferito all'intero parco caldaie presente sul territorio nazionale.

³⁵ Butera F. “Analisi dello stato attuale e valutazione delle misure di contenimento degli impatti ambientali dovuti ai consumi energetici per riscaldamento sul territorio italiano”, Politecnico di Milano, Dicembre 2011

Le due assunzioni appena riportate discendono dal fatto che, mentre per la generazione elettrica vi sono delle differenze ben documentate tra le prestazioni regionali e quelle nazionali, riconducibili ai differenti sistemi di generazione presenti sul territorio (la Regione Lombardia è caratterizzata principalmente da sistemi termoelettrici a gas ad alta efficienza e da sistemi idroelettrici, mentre l'Italia è caratterizzata da un mix termoelettrico più articolato e da una componente basata su fonti rinnovabili, dove spicca il contributo idroelettrico lombardo, che però, alla scala nazionale, va ad assumere un peso relativo inferiore), per la generazione termica è molto più complicato argomentare delle differenze prestazionali locali, a parità di combustibile adoperato. Tali differenze possono infatti essere riconducibili, in prima analisi, alla differente età, gestione (per esempio quella legata al diverso regime di funzionamento in condizioni climatiche differenti, con ovvie ripercussioni in termini prestazionali) e manutenzione degli impianti. Pertanto è possibile affermare che la seconda assunzione è di carattere conservativo, poiché ci si aspetta di trovare, sul territorio lombardo, delle prestazioni migliori rispetto alla media nazionale, a causa delle condizioni climatiche, e, soprattutto, della maggiore sensibilità lombarda rispetto alle tematiche energetico-ambientali, che si concretizza in una migliore gestione, manutenzione e controllo degli impianti di generazione termica.

Inoltre, poiché tra i parametri considerati quello maggiormente dipendente dalle modalità di combustione è il fattore di emissione relativo agli NO_x (CO_{2-eq} e SO₂ sono invece più direttamente riconducibili alla composizione chimica del vettore sottoposto a combustione, eccezion fatta per le centrali termiche di grande taglia dotate da sistemi di abbattimento per gli inquinanti acidi), tale parametro è stato fatto variare nel caso delle caldaie a gas (unico sistema di generazione rispetto al quale è effettivamente possibile ipotizzare prestazioni differenti tra scala nazionale e scala regionale).

- valori di rendimento medio annuo di generazione elettrica regionale e nazionale riferiti all'anno 2008 (*Tabella 19*).

| | Rendimento elettrico, η_{sen} | Fattore Energia Primaria elettrica |
|---------------------------------|--|---|
| Regione Lombardia ³⁶ | 0,4871 | 2,05 |

³⁶ Fonte: Finlombarda – Regione Lombardia, SIRENA aggiornamento 07/01/2001.

| | | |
|-------------------------|--------|------|
| Nazionale ³⁷ | 0,4598 | 2,17 |
|-------------------------|--------|------|

Tabella 19 - Rendimento elettrico e Fattore di energia primaria elettrica dell'anno 2008

- rendimenti medi assunti nelle elaborazioni per i principali sistemi di generazione energetica (Tabella 20). Tali valori, espressi in termini percentuali, sono da intendersi come valori indicativi medi annui. I rendimenti di generazione termica indicati nella tabella fanno riferimento al solo sistema di generazione, non includendo, pertanto, le perdite relative ai sistemi di distribuzione ed emissione e i consumi di energia relativi ai dispositivi ausiliari (pompe di circolazione ecc.).

| Combustibile di alimentazione dell'impianto | Valore medio indicativo (% / EER) |
|--|-----------------------------------|
| Gasolio | 81 |
| Gas naturale | 85 |
| Gas naturale, caldaia a condensazione | 96 |
| Media pesata per impianti sostituiti da energia solare | 72 |
| EER sistemi di raffrescamento preesistenti | 3,5 |

Tabella 20 - Rendimenti di generazione utilizzati nelle valutazioni

- tempo di vita utile di ognuno degli impianti analizzati (Tabella 21), stimato in funzione di ogni specifico ambito analizzato.

| Ambito | Tempo di vita utile (anni) |
|--|----------------------------|
| Impiego del metano negli impianti di riscaldamento | 15 |
| Diffusione di impianti ad energia solare | 20 |

Tabella 21 - Tempo di vita utile ipotizzato per ognuno degli impianti analizzati.

Per semplificazione, è stato mantenuto un valore pari a 20 anni in tutti i casi e per tutti i componenti ad eccezione degli impianti di riscaldamento a metano. Tale valore assume un significato del tutto indicativo, ma conservativo.

Per gli impianti a metano il tempo di vita è, invece, ragionevolmente assumibile pari a 15 anni come individuato nelle numerose fonti disponibili³⁸. Inoltre, anche la normativa per armonizzare i tempi di vita

³⁷ Delibera EEN 3/08 (2008), Aggiornamento del fattore di conversione dei kWh in tonnellate equivalenti di petrolio connesso al meccanismo dei titoli di efficienza energetica, www.autorità.energia.it

³⁸ CIBSE, 2009. Indicative life expectancy for building services plant, equipment and systems.

dei sistemi tecnologici europei stabilisce in 15 anni la durata media delle caldaie³⁹.

Per gli impianti solari si è fatto riferimento alla normativa UNI EN 15459: 2008 “Prestazione energetica degli edifici. Procedura di valutazione economica dei sistemi energetici degli edifici. Luglio 2008”, la quale prevede un tempo di vita medio dei collettori solari pari a 20 anni.

- costi medi dei principali vettori energetici riferiti al tempo di vita degli impianti analizzati (Tabella 22, Tabella 23). Poiché i costi disponibili in letteratura non consentono di individuare il dato per tutti gli anni interessati dai Bandi trattati quelli mancanti sono stati determinati sulla base del tasso di incremento calcolato a partire dal campione dei dati disponibili, per ciascuno dei vettori sotto riportati.

Gli interventi analizzati entrano in funzione in anni differenti tra il 1998 ed il 2013. Per la determinazione del costo medio nell'arco del tempo di vita si è quindi proceduto come descritto di seguito:

- ricerca attraverso fonti ufficiali (vedi sotto le fonti per ogni combustibile) dei dati di costo per ogni anno dal 1998 al 2013;
- individuazione del trend di incremento del costo attraverso i dati disponibili (è stato riportato in tabella il valore per ogni combustibile):
- individuazione del costo medio nel tempo di vita per ogni anno.

Le informazioni relative al costo dell'energia nei vari anni sono state reperite da differenti fonti. Ad esempio per il gasolio, il GPL e del carbone sono stati presi le informazioni dal sito Web del Ministero dello Sviluppo Economico, nell'area dedicata alle statistiche dell'energia; per il gas naturale e l'elettricità si è fatto riferimento al sito dell'Autorità dell'Energia; per l'olio combustibile al sito Web della Camera di commercio di Varese.

| Costo medio dei combustibili nel tempo di vita pari a 20 anni | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|-------------------------------|----------------------|-----|--------------------------|-------------|----------|-----|---------|--------------------------|
| Anno | Gasolio riscaldament o-Residenza | Gasolio riscaldament o-Industria | Gas Naturale- Residenza | Gas Naturale - | GPL | Olio combustibil e | Elettricità | Biomassa | RSU | Carbone | Media per impianti |

³⁹ Direttiva Europea 2006/32/CE del 5 aprile 2006 concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazione della direttiva 93/76/CEE del Consiglio. N. L 114/64, 27.04.2006; UNI EN 15459: 2008. Prestazione energetica degli edifici. Procedura di valutazione economica dei sistemi energetici degli edifici. Luglio 2008

| | | | | Industria | | | | | | | solari |
|----------------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|------|-------|--------|
| €/kWh | | | | | | | | | | | |
| 1998 | 0,119 | 0,059 | 0,066 | 0,036 | 0,189 | 0,086 | 0,143 | 0,019 | 0,00 | 0,011 | 0,117 |
| 1999 | 0,126 | 0,066 | 0,071 | 0,038 | 0,202 | 0,092 | 0,148 | 0,019 | 0,00 | 0,012 | 0,123 |
| 2000 | 0,147 | 0,103 | 0,077 | 0,039 | 0,215 | 0,099 | 0,153 | 0,020 | 0,00 | 0,014 | 0,129 |
| 2001 | 0,139 | 0,094 | 0,083 | 0,041 | 0,228 | 0,106 | 0,158 | 0,021 | 0,00 | 0,015 | 0,135 |
| 2002 | 0,142 | 0,088 | 0,089 | 0,042 | 0,239 | 0,115 | 0,163 | 0,022 | 0,00 | 0,016 | 0,141 |
| 2003 | 0,146 | 0,094 | 0,096 | 0,044 | 0,252 | 0,126 | 0,170 | 0,023 | 0,00 | 0,018 | 0,147 |
| 2004 | 0,155 | 0,106 | 0,103 | 0,046 | 0,259 | 0,136 | 0,161 | 0,024 | 0,00 | 0,020 | 0,153 |
| 2005 | 0,177 | 0,140 | 0,111 | 0,048 | 0,269 | 0,155 | 0,170 | 0,024 | 0,00 | 0,022 | 0,160 |
| 2006 | 0,188 | 0,155 | 0,119 | 0,049 | 0,292 | 0,172 | 0,196 | 0,025 | 0,00 | 0,020 | 0,166 |
| 2007 | 0,191 | 0,160 | 0,128 | 0,051 | 0,299 | 0,180 | 0,204 | 0,026 | 0,00 | 0,026 | 0,172 |
| 2008 | 0,210 | 0,187 | 0,137 | 0,053 | 0,315 | 0,198 | 0,205 | 0,028 | 0,00 | 0,043 | 0,179 |
| 2009 | 0,173 | 0,133 | 0,148 | 0,056 | 0,327 | 0,169 | 0,207 | 0,029 | 0,00 | 0,031 | 0,185 |
| 2010 | 0,199 | 0,172 | 0,158 | 0,058 | 0,341 | 0,187 | 0,192 | 0,030 | 0,00 | 0,034 | 0,191 |
| 2011 | 0,225 | 0,210 | 0,172 | 0,060 | 0,399 | 0,214 | 0,198 | 0,031 | 0,00 | 0,037 | 0,197 |
| 2012 | 0,247 | 0,240 | 0,194 | 0,063 | 0,454 | 0,233 | 0,226 | 0,032 | 0,00 | 0,041 | 0,203 |
| 2013 | 0,260 | 0,265 | 0,198 | 0,065 | 0,484 | 0,250 | 0,25 | 0,033 | 0,00 | 0,045 | 0,209 |
| Incremento (%) | 5,3 | 10,5 | 7,6 | 4,0 | 6,5 | 7,4 | 3,3 | 4,0 | - | 9,7 | 6,2 |

Tabella 22 - Costi medi dei combustibili/vettori energetici in funzione del tempo di vita utile pari a 20 anni

| Costo medio dei combustibili nel tempo di vita pari a 15 anni | | |
|---|--------------------------------------|-----------------------------|
| Anno | Gasolio riscaldamento – Residenza | Gas Naturale - Residenza |
| | €/kWh | |
| 1998 | 0,103 | 0,053 |
| 1999 | 0,108 | 0,057 |
| 2000 | 0,127 | 0,062 |
| 2001 | 0,120 | 0,066 |
| 2002 | 0,123 | 0,071 |
| 2003 | 0,126 | 0,077 |
| 2004 | 0,133 | 0,082 |
| 2005 | 0,153 | 0,089 |
| 2006 | 0,162 | 0,095 |
| 2007 | 0,165 | 0,103 |
| 2008 | 0,181 | 0,110 |
| 2009 | 0,149 | 0,119 |
| 2010 | 0,172 | 0,126 |
| 2011 | 0,194 | 0,138 |
| 2012 | 0,212 | 0,155 |
| 2013 | 0,224 | 0,159 |
| Incremento (%) | 5,3 | 7,6 |

Tabella 23 - Costi medi dei combustibili/vettori energetici in funzione del tempo di vita utile pari a 15 anni.

Si ritiene utile, per una corretta lettura dei dati, riportare la definizione dei dati economici disponibili per l'elaborazione dei dati economico-finanziari. Per tutti gli ambiti si individua:

- Costo totale (€): si intende il costo totale dell'intervento dichiarato dal proprietario o dall'ente richiedente l'incentivazione per la realizzazione dell'intervento;
- Investimento (€): si intende la spesa effettivamente sostenuta dal proprietario o dall'ente richiedente l'incentivazione, quindi il Costo totale dell'intervento al netto del Contributo corrisposto;
- Contributo corrisposto (€): si intende l'ammontare dell'incentivazione effettivamente emessa da Regione Lombardia al proprietario o ente richiedente il contributo.

Che ora verranno approfonditi ed elaborati nel capitolo successivo.

5.3.1 Approfondimento per le elaborazioni relative agli impianti solari termici

Per il calcolo degli indicatori economici ed ambientali relativi agli impianti solari termici si è dovuto procedere alla definizione di valori medi pesati relativi ai costi energetici, al rendimento e al fattore di energia primaria. Tale necessità è legata al fatto che, in tutti i casi analizzati, non è nota la tipologia dell'impianto sostituito/integrato dal sistema solare termico. Le valutazioni effettuate si basano dunque sul censimento del 2001 relativo alla distribuzione degli impianti per la produzione di ACS e riscaldamento nelle abitazioni lombarde, secondo quanto riportato di seguito.

| Disponibilità di acqua calda e impianto di riscaldamento | Tipi di combustibile o energia per riscaldamento | | | | | Totale |
|--|--|---------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------------|-----------|
| | Combustibile liquido o gassoso | Combustibile solido | Energia elettrica | Olio combustibile | Altro tipo di combustibile o energia | |
| Abitazioni con impianto di riscaldamento e ACS prodotta dallo stesso impianto | 2.163.021 | 159.878 | 21.170 | 4.095 | 28.421 | 2.376.585 |
| Abitazioni con impianto di riscaldamento e ACS prodotta da un impianto diverso | 1.316.521 | 110.859 | 21.703 | 15.801 | 35.444 | 1.500.328 |
| di cui: prodotta da un impianto ad energia elettrica | 273.568 | 33.827 | 12.510 | 3.554 | 17.141 | 340.600 |
| Impianti totali senza boiler elettrici | 3.205.974 | 236.910 | 30.363 | 16.342 | 46.724 | 3.536.313 |

Tabella 24 - Abitazioni occupate da persone residenti con impianto di riscaldamento per tipo di combustibile o energia che alimenta l'impianto di riscaldamento e disponibilità di acqua calda - Regione Lombardia - Censimento 2001

Sapendo inoltre che gli impianti a combustibile liquido e gassoso in Lombardia sono alimentati per l'85% a metano e per il 15% a gasolio⁴⁰, è stata calcolata la seguente distribuzione.

| Combustibile | Numero di impianti | | | Percentuale di incidenza (%) |
|-------------------|---|----------------|-----------|------------------------------|
| | Metano | Gasolio | Altro | |
| Metano | 85% Combustibile liquidi o gassoso senza boiler elettrici | 0,85x3.205.974 | 2.725.077 | 70,3 |
| Gasolio | 15% Combustibile liquidi o gassoso senza boiler elettrici | 0,15x3.205.974 | 480.896 | 12,4 |
| Altro | Combustibile solido | 236.910 | 299.976 | 7,7 |
| | Olio combustibile | 16.342 | | |
| | Altro tipo di combustibile o energia | 46.724 | | |
| Energia elettrica | Totale boiler elettrici | 340.600 | 370.963 | 9,6 |
| | Energia elettrica | 30.363 | | |

⁴⁰ Da Regione Lombardia

| | | |
|--------|---------------|------|
| Totale | 3.876,9 13 | 100% |
|--------|---------------|------|

Tabella 25 - Distribuzione percentuale dei vettori energetici utilizzati in Lombardia per la produzione di ACS e riscaldamento

Una volta calcolata la percentuale di utilizzo dei vettori energetici è possibile stabilire un valore medio pesato per il rendimento, il fattore di conversione in energia primaria, e i fattori di emissione rispettivamente relativi a NO_x, SO₂, e CO₂-eq, come riassunto nelle seguenti Tabella 26 e Tabella 27.

| Sistema sostituito | Rendimento, η | Fattore Energia Primaria Regione Lombardia | Fattore Energia Primaria Nazionale | Fattore pesato con valori da Regione Lombardia | Fattore pesato con valori nazionali |
|------------------------|--------------------|--|------------------------------------|--|-------------------------------------|
| Bruciatore (90%) | 0,70 | 1 | 1 | 1,29 | 1,29 |
| Boiler elettrico (10%) | 0,90 | 2,17 | 2,05 | 0,24 | 0,23 |
| Media pesata | 0,72 | - | - | 1,53 | 1,52 |

Tabella 26 - Valori di rendimento e fattore di energia primaria medi pesati per gli impianti sostituiti dai sistemi solari

| | Fattori di emissione | | |
|--|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| | NO _x (mg/kWh) | SO ₂ (mg/kWh) | CO ₂ -eq (g/kWh) |
| Media pesata con valori da Regione Lombardia | 199 | 91 | 265,01 |
| Media pesata con valori Nazionali | 271 | 108 | 268,21 |

Tabella 27 - Fattori di emissioni medi pesati impiegati nei calcoli relativi ai collettori solari

Per quanto riguarda i costi dell'energia, sono stati calcolati in un primo tempo i valori medi pesati relativi ad ogni anno utile, cioè ogni anno in cui è stato attivato un impianto (dal 1998 al 2012) attraverso la formula:

$$\text{Costo pesato} = \frac{\text{€/kWh}}{\eta} \cdot \%$$

| Vettore energetico | Costo (€/kWh) | Percentuale di incidenza (%) | Rendimento, η (-) | Costo medio pesato (€/kWh) |
|--------------------|------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Energia elettrica | 0,103 | 9,6 | 0,900 | 0,011 |
| Metano | 0,030 | 70,3 | 0,700 | 0,030 |
| Gasolio | 0,070 | 12,4 | 0,700 | 0,012 |
| Altro | 0,098 | 7,7 | 0,700 | 0,011 |
| | | 100 | - | 0,064 |

Tabella 28 - Esempio di calcolo per ottenere il costo medio pesato annuale dell'energia

Una volta ottenuti i costi medi per ogni anno è possibile calcolare il costo medio dell'energia nel tempo di vita utile (*Tabella 29*), in modo da poter valutare correttamente il tempo di ritorno degli investimenti.

| Costo medio nel tempo di vita (20 anni) | |
|--|-----------------------------|
| Anno di attivazione dell'impianto | Media pesata (€/kWh) |
| 1998 | 0,117 |
| 1999 | 0,123 |
| 2000 | 0,129 |
| 2001 | 0,135 |
| 2002 | 0,141 |
| 2003 | 0,147 |
| 2004 | 0,153 |
| 2005 | 0,160 |
| 2006 | 0,166 |
| 2007 | 0,172 |
| 2008 | 0,179 |
| 2009 | 0,185 |
| 2010 | 0,191 |
| 2011 | 0,197 |
| 2012 | 0,203 |
| 2013 | 0,209 |

Tabella 29 - Costo dell'energia medio pesato, rispetto alle percentuali di utilizzo dei vettori energetici, nel tempo di vita utile per un impianto solare termico

5.3.2 Il valore attuale netto (VAN)

Il VAN è una metodologia molto diffusa per la valutazione finanziaria di progetti a medio/lungo termine tramite cui si definisce il valore attuale di una serie attesa di flussi di cassa, non solo sommandoli contabilmente, ma attualizzandoli sulla base del tasso di rendimento (o tasso di attualizzazione).

Per considerare la prospettiva dell'utente finale nella valutazione, i parametri economici del valore attuale netto (NPV) e il tempo di ritorno scontato (DPB)⁴¹ sono stati calcolati per tutti gli investimenti in base alle precedenti formule con questa aggiunta:

⁴¹ EN 15459:2008 Economic evaluation procedure for energy system into buildings.

$$NPV = C_{inv} + \sum_{y=1}^N \frac{C_{fuel,y} + C_{O\&M,y}}{(1+r)^y}$$

In generale il valore NPV è dato dall'investimento iniziale e dai costi di esercizio e di manutenzione annuali, tenendo conto del valore del denaro nel tempo, considerando quindi un cumulativo cash flow (di anno in anno). Il DPB rappresenta il periodo di tempo in cui il flusso di cassa cumulativo (formula NPV) per un progetto diventa uguale a 0 (cioè l'investimento inizia a generare profitto, il flusso di cassa diventa positivo) rappresenta quindi l'arco di tempo necessario per recuperare l'investimento iniziale.

In questo caso specifico, il flusso di cassa cumulativo è fra la linea di base (caldaia a gasolio) e il sistema di riscaldamento efficiente (caldaia a gas naturale). Il DPB rappresenta il momento in cui il sistema efficiente recupera l'investimento iniziale e inizia a generare un valore di cassa positivo (cioè risparmi rispetto al sistema di riferimento).

I costi di gasolio e di gas naturale sono stati ricavati rispettivamente, dai dati forniti dal Ministero dello Sviluppo Economico italiano e dall'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas (AEEG). Le ipotesi fondamentali per l'analisi economica sono riportate in *Tabella 30* per i casi dei bandi riferiti alla sostituzione della caldaia a gasolio con gas naturale mentre in *Tabella 31* per gli impianti solari termici.

| Parametri | Unità | Valore |
|---------------------------------------|--------------|---------------|
| Costo gasolio | €/kWh | 0.094 |
| Costo gas naturale | €/kWh | 0.06 |
| Incremento del costo del gasolio | % | 4.0 |
| Incremento del costo del gas naturale | % | 4.5 |
| Tasso di sconto dell'investimento (r) | % | 4 |
| Ciclo di vita del progetto (n) | anno | 15 |
| Ciclo di vita del sistema | anno | 15 |

Tabella 30 - Descrizioni delle assunzioni per le analisi economiche nel caso della sostituzione della caldaia

| Parametri | Unità | Valore |
|---------------------------------------|--------------|---------------|
| Costo mix combustibile | €/kWh | 0.084 |
| Incremento del costo mix combustibile | % | 6.7 |
| Tasso di sconto dell'investimento (r) | % | 4 |
| Ciclo di vita del progetto (n) | anno | 20 |
| Ciclo di vita del sistema | anno | 20 |

Tabella 31 - Descrizioni delle assunzioni per le analisi economiche nel caso dell'impianto solare termico

Il calcolo dei costi globali (o metodologia del valore attuale netto) prende in considerazione l'investimento iniziale, la somma dei costi annui di gestione e, se presenti, i costi di smaltimento, tutti riferiti all'anno di inizio della valutazione. Questa procedura di calcolo viene definita come "calcolo finanziario". Una seconda opzione di calcolo è individuata con il nome del "calcolo macroeconomico", e si distingue dal precedente perché viene aggiunto alla categoria dei costi globali una nuova categoria, quella del costo delle emissioni di gas serra definite come il valore monetario del danno ambientale causato dalle emissioni di CO₂ relative al consumo energetico in un edificio.

Il termine "costi globali" è tratto dalla norma EN 15459 e corrisponde al concetto che nella letteratura è chiamato generalmente "analisi del costo del ciclo di vita". Conformemente alla direttiva 2010/31/UE gli Stati membri sono tenuti a fissare requisiti minimi di prestazione energetica ottimali in funzione dei costi. La metodologia è indirizzata alle autorità nazionali e il livello ottimale in funzione dei costi non è calcolato per i singoli casi, bensì per definire regolamenti di applicazione generale a livello nazionale. In realtà esistono diversi livelli ottimali in funzione dei costi per i diversi investitori che variano in funzione dei singoli sistemi edificio-impianti e delle prospettive e delle aspettative degli investitori in materia di condizioni accettabili di investimento.

L'esercizio di calcolo può fornire alle autorità degli Stati membri informazioni sul divario finanziario esistente per taluni gruppi di investitori e di conseguenza permettere loro di adottare politiche con cognizione di causa. Ad esempio la differenza tra i livelli ottimali in funzione dei costi a livello macroeconomico e finanziario può fornire indicazioni sui finanziamenti e sul sostegno finanziario che possono risultare necessari per rendere gli investimenti nell'efficienza energetica economicamente interessanti per gli investitori.

A parte il fatto che esistono numerose e diverse prospettive e aspettative di investimento individuali, esiste inoltre la questione della portata dei costi e benefici presi in considerazione. Si considerano soltanto i costi e benefici immediati della decisione di investimento (ovvero la prospettiva finanziaria) o si tiene conto anche di altri costi e benefici indiretti (spesso chiamati "esternalità") determinati da un investimento nell'efficienza energetica e che riguardano altri attori del mercato diversi dagli investitori (prospettiva macroeconomica)? Ambedue queste prospettive hanno un fondamento specifico e sono attinenti ad aspetti differenti.

L'obiettivo dell'esercizio di calcolo a livello macroeconomico è quello di preparare, con cognizione di causa, la fissazione di requisiti minimi di prestazione energetica generalmente applicabili e comporta una più ampia prospettiva che tiene conto del bene pubblico e nella quale gli investimenti in efficienza energetica e i relativi costi e benefici sono valutati alla luce di alternative strategiche, tenendo conto delle esternalità. Gli investimenti nell'efficienza energetica degli edifici vengono valutati in rapporto ad altre misure strategiche per ridurre il consumo di energia, la dipendenza dall'energia e le emissioni di CO₂. Una prospettiva di investimento tanto ampia funziona inoltre relativamente bene con l'energia primaria in quanto "valuta" la prestazione energetica, mentre una prospettiva di puro investimento privato può funzionare sia con l'energia primaria che con l'energia fornita.

Nella pratica, tuttavia, non sarà possibile cogliere tutti i benefici diretti e indiretti per la società, in quanto alcuni sono intangibili o non quantificabili o non possono essere monetizzati. Alcuni costi e benefici esterni possono tuttavia essere rilevati grazie a metodologie riconosciute di quantificazione e di calcolo.

La prospettiva macroeconomica, d'altro canto, presenta limiti per gli investitori quando, ad esempio, vengono fissati requisiti di efficienza energetica più rigorosi

che vanno a beneficio della società ma che non sono vantaggiosi sotto il profilo dei costi per gli investitori.

Il regolamento impone agli Stati membri di calcolare i livelli ottimali in funzione dei costi una volta a livello macroeconomico (escluse tutte le imposte applicabili, quali l'IVA, e tutti gli incentivi e le sovvenzioni applicabili ma inclusi i costi del carbonio) e una volta a livello finanziario (tenendo conto dei prezzi pagati dal consumatore finale, comprese le imposte e le sovvenzioni applicabili, ma esclusi i costi aggiuntivi di abbattimento dei gas serra).

Una volta effettuati ambedue i calcoli, spetta agli Stati membri decidere quale di essi vada utilizzato come parametro nazionale in materia di livelli ottimali in funzione dei costi. In questo lavoro sono stati applicati entrambi i calcoli per osservare cosa cambia nelle due tecnologie analizzate al variare dei parametri di calcolo.

I costi considerati nei calcoli sono:

- *costo dell'investimento iniziale;*
- *costi di gestione*, comprendono i costi per la sostituzione periodica di elementi edilizi e possono anche comprendere gli introiti generati dall'energia prodotta, eventualmente presi in considerazione dagli Stati membri per il calcolo finanziario;
- *costi energetici*, rispecchiano il costo energetico complessivo, comprensivo del prezzo dell'energia, delle tariffe di capacità e delle tariffe di rete;

Per il calcolo a livello macroeconomico è inclusa anche la categoria di:

- *costo delle emissioni di gas a effetto serra*, rispecchia i costi di funzionamento quantificati, monetizzati e attualizzati della CO₂ derivante dalle emissioni di gas a effetto serra in tonnellate equivalenti di CO₂ nell'arco del periodo di calcolo.

Per quanto concerne il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi sul piano macroeconomico sono stati considerati due livelli di costo della CO₂, uno rappresentativo dell'attuale costo di mercato, 10 €/t_{CO2-eq}, e uno riferito a valori realistici delle condizioni dell'attuale sistema energetico, 41 €/t_{CO2-eq} (vedi paragrafo successivo).

L'adozione delle due prospettive, ovviamente, comporterà diversi valori di costo globale per lo stesso oggetto analizzato e pertanto potrebbe dare risultati diversi anche in termini di livello di prestazione ottimale in funzione dei costi. Il Regolamento richiede di effettuare il calcolo in entrambi i casi e solo alla fine di scegliere con quale prospettiva completare le verifiche.

Il tasso di sconto utilizzato nei calcoli macroeconomici e finanziari viene stabilito dagli Stati membri dopo avere effettuato un'analisi di sensibilità su almeno due tassi per ciascun calcolo. L'analisi di sensibilità per il calcolo macroeconomico applica un tasso del 4 % espresso in termini reali e in linea con gli attuali orientamenti della Commissione per la valutazione d'impatto del 2009, che suggeriscono di applicare un tasso di sconto sociale del 4 %.

Un tasso di sconto superiore - in genere superiore al 4 % esclusa l'inflazione ed eventualmente differenziato per edifici residenziali e non residenziali - rifletterebbe un approccio puramente commerciale, e di breve termine, alla valutazione degli investimenti. Un tasso di sconto inferiore - compreso in genere tra il 2 % e il 4 % esclusa l'inflazione - riflette con maggiore fedeltà i benefici che gli investimenti nell'efficienza energetica apportano agli occupanti degli edifici per l'intero ciclo di vita dell'investimento. Il tasso di sconto varia da Stato membro a Stato membro, in quanto riflette in una certa misura non solo priorità strategiche (per il calcolo macroeconomico) ma anche differenze del quadro finanziario e delle condizioni di concessione dei mutui.

Il Regolamento richiede, per entrambe le prospettive, che venga fatta un'analisi di sensitività, in cui debbano essere testati almeno due tassi di attualizzazione. Il gruppo di lavoro ha deciso di utilizzare i tassi indicati nella *Tabella 32*.

| | Tasso 1 | Tasso 2 |
|----------------------------|----------------|----------------|
| Prospettiva finanziaria | 4% | 5% |
| Prospettiva macroeconomica | 3% | 4% |

Tabella 32 - Tassi di attualizzazione utilizzati

Come detto Esiste un *Regolamento* che descrive le operazioni da effettuare per questo tipo di indagine nel particolare caso degli edifici, prescrive che i calcoli economici siano effettuati in accordo con la norma UNI EN 15459:2008

“Prestazione energetica degli edifici - Procedura di valutazione economica dei sistemi energetici degli edifici”⁴². Tale norma distingue tra due metodologie di calcolo:

- costo globale (*global cost*);
- rendita finanziaria (*annuity cost*);

Il regolamento prescrive di seguire la metodologia del costo globale.

Nella nostra indagine si è applicato questa metodologia d'analisi, prima alla sostituzione di caldaie a gasolio con caldaie a gas naturale e in un secondo caso all'implementazione con un sistema solare termico.

Lo schema generale delle voci di costo indicato nel *Regolamento* è mostrato nella *Figura 14*. Tuttavia lo scopo del calcolo non è determinare il costo dell'edificio in sé, ma confrontare il costo globale risultante dall'applicazione di misure di efficienza energetica o alimentate da fonti rinnovabili. Per questa ragione non sono presi in considerazione i flussi di cassa dovuti a elementi dell'edificio che non hanno influenza sulla prestazione energetica dell'edificio e che non sono legati direttamente o indirettamente all'adozione di misure. Nel nostro caso specifico l'obiettivo è quello di calcolare il costo globale dei due diversi interventi di sostituzione della caldaia da gasolio a metano e dell'installazione del sistema solare termico, per i quali casi devono essere considerati i seguenti flussi di cassa:

- investimento iniziale per la progettazione, l'acquisto, l'installazione e/o la posa in opera;
- costi annui di manutenzione;
- costo di sostituzione all'esaurirsi della vita utile se è inferiore al periodo di calcolo;
- valore residuo della misure se la vita utile eccede il periodo di calcolo;
- eventuali costi di smaltimento;
- costi energetici;
- costo delle emissioni di CO₂;
- ricavi derivanti dalla vendita di energia elettrica prodotta con moduli fotovoltaici.

⁴² Direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (EPBD recast).

L'approccio adottato è di tipo *full cost*, ovvero si valuta il costo complessivo. Questo approccio è in opposizione a quelli di tipo *additional cost* in cui viene valorizzata solo la differenza tra i flussi di cassa effettivi. Nonostante ciò, si ammettono alcune semplificazioni; ad esempio, nel caso in cui alcune voci di costo siano identiche per tutte le misure prese in considerazione, è possibile trascurare tali voci.

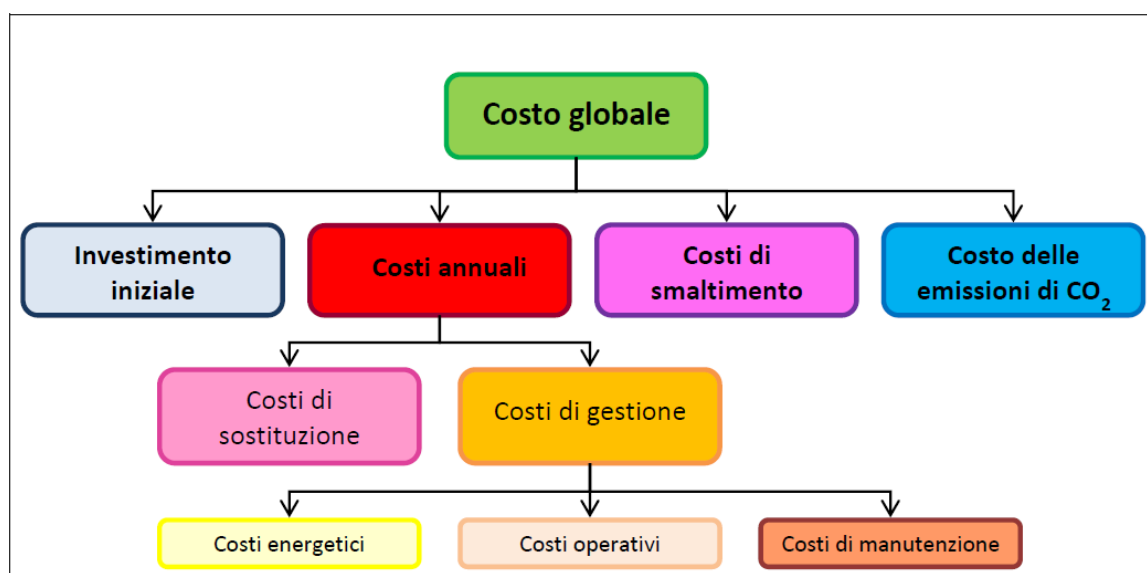


Figura 14 - Schema delle categorie di costi

Calcolo dei costi globali per un calcolo finanziario

I costi globali per l'intervento considerato sono calcolati sommando i diversi tipi di costi e applicando a essi il tasso di sconto, mediante un fattore di sconto, così da esprimerli in termini di valore nell'anno iniziale, con l'aggiunta del valore residuo attualizzato, come di seguito esplicitato:

$$C_g(\tau) = C_I + \sum_j \left[\sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i}(j) \times R_d(i)) - V_{f,\tau}(j) \right]$$

dove:

τ è il periodo di calcolo

$C_g(\tau)$ rappresenta il costo globale (riferito all'anno iniziale $\tau=0$) nell'arco del periodo di calcolo

C_I rappresenta il costo iniziale dell'investimento per la misura o l'insieme di misure j

$C_{a,i}(j)$ rappresenta il costo annuale durante l'anno i per la misura o l'insieme di misure j

$V_{f,\tau}(j)$ rappresenta il valore residuo della misura o dell'insieme di misure j alla fine del periodo di calcolo (attualizzato all'anno iniziale $\tau 0$)

$R_d(i)$ rappresenta il fattore di sconto per l'anno i sulla base del tasso di sconto r da calcolare :

$$R_d(p) = \left(\frac{1}{1 + r/100} \right)^p$$

dove p rappresenta il numero di anni a partire dal periodo iniziale e r rappresenta il tasso di sconto reale.

Calcolo dei costi globali per il calcolo macroeconomico

I costi globali per l'intervento considerato sono calcolati sommando i diversi tipi di costi e applicando a essi il tasso di sconto, mediante un fattore di sconto, così da esprimerli in termini di valore nell'anno iniziale, con l'aggiunta del valore residuo attualizzato. Nel determinare il costo globale a livello macroeconomico, oltre ai costi considerati per il calcolo finanziario, occorre includere anche una nuova categoria di costo per le emissioni di gas a effetto serra, ottenendo la seguente metodologia adattata del costo globale:

$$C_g(\tau) = C_I + \sum_j \left[\sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i}(j)R_d(i) + C_{c,i}(j)) - V_{f,\tau}(j) \right]$$

dove:

$C_{c,i}(j)$ rappresenta il costo delle emissioni di carbonio per la misura o l'insieme di misure j durante l'anno i .

Approfondimento sul valore monetario del danno ambientale causato dalle emissioni di CO₂

Altro dato da prendere in considerazione è il costo di riferimento della CO₂ evitata, per i quali si propone un'analisi su due valori: 10 € e 40 €/tCO₂ risparmiata, il primo corrispondente ad un valore di mercato mentre il secondo è un'elaborazione di dati reali di seguito descritta.

Non è un compito semplice valutare il valore economico reale delle emissioni di CO₂, in realtà, non c'è una stima precisa e inequivocabile di questo valore. In particolare, ci sono due riferimenti principali per monetizzare una tonnellata di CO₂: il primo è il suo valore di mercato, risultante dalla quotazione del Emission Trading System (ETS), mentre la seconda il calcolo del costo sociale del carbonio (SCC).

Al fine di avere una base di confronto per il costo della CO_{2-eq} abbiamo considerato un valore medio del valore di mercato del sistema UE di scambio delle emissioni (ETS)⁴³. Questo valore è di circa 7 € / tCO_{2eq}⁴⁴. Tuttavia, poiché sappiamo che l'EU ETS è governata da un meccanismo di mercato e quindi con valori molto variabili e dipendenti da numerosi fattori, è stato preso in considerazione un approccio differente andando a calcolare il rapporto tra il valore medio dei titoli di efficienza energetica (certificati bianchi) per il mercato italiano (stimato in circa 100 € /tep) e le emissioni medie di CO_{2-eq} per energia primaria in Italia (tCO_{2eq}/TEP). Considerando questo ultimo valore nel lasso di tempo dell'analisi riguardante i bandi di incentivazione, abbiamo trovato un valore di 2,42 tCO_{2eq}/TEP⁴⁵. Così alla fine abbiamo preso in considerazione come parametro di riferimento per il costo della CO_{2-eq} risparmiata un valore di circa 41 €/tCO_{2eq}, semplificato a 40 €/tCO_{2eq} per le nostre analisi.

Approfondendo la questione, la quotazione media del mercato delle ETS europeo⁴⁶, lanciato nel 2005, si basa sul sistema "cap-and-trade", che significa che un limite complessivo, o "cap", è impostato sulla quantità totale di emissioni e quindi tale quantità viene assegnato o venduto sul mercato azionario alle imprese sotto forma di permessi di emissione, permettendo all'acquirente di pagare una tassa per l'inquinamento al venditore che viene premiato per avere emissioni ridotte. Poiché si tratta di una quotazione in borsa, il prezzo di mercato europeo della CO₂ registra notevoli oscillazioni dal 2005 ad oggi, aumentando di 30 €/t nel 2006 e quasi in declino a 0 €/t di recente, con un valore medio pari a circa 15 €/t. Tali movimenti solleva questioni implicite, relative all'efficacia di questo sistema di trading⁴⁷, tanto che una revisione importante è stata approvata nel 2009 al fine

⁴³ Ellerman, A. D., Joskow, P. L., The European Union's Emissions Trading System in perspective, 2012.

⁴⁴ GME, Mercato dei Titoli di Efficienza Energetica, Rapporto di monitoraggio semestrale, 2012.

⁴⁵ IEA, Statistics, CO₂ emissions from fuel combustion, Highlights, 2012.

⁴⁶ EU ETS, 2014, European Emissions Trading Systems.

⁴⁷ Ellerman, A.D., Joskow, P.L., 2008, The European Union's Emissions Trading System in perspective, Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.

di rafforzare il sistema. D'altra parte, il costo sociale del carbonio è destinato ad essere una stima completa dei cambiamenti climatici futuri, come ad esempio rappresenta un valore monetario del beneficio di riduzione di una tonnellata di CO₂. In dettaglio, è pari al flusso dei danni futuri a causa di una unità addizionale di emissioni di anidride carbonica in un anno particolare, attualizzato ad oggi in base ad un calcolo finanziario standard⁴⁸.

⁴⁸ Johnson, L.T., Yeh, S., Hope, C., 2013, The social cost of carbon: implications for modernizing our electricity system, *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 3.4: 369-375.

6 Analisi dei dati

Come più volte ribadito, il monitoraggio oggetto del presente studio fa riferimento a un panorama molto articolato che comprende diversi ambiti di intervento e una notevole quantità di impianti ed edifici. A tal proposito, si è richiamata l'attenzione sulla metodologia di catalogazione e analisi dei dati, che può essere così brevemente riassunta:

- elaborazione di un foglio di calcolo per la catalogazione delle informazioni relative a tutti i Bandi oggetto del monitoraggio e per il calcolo di indicatori comuni (per gli ambiti con la disponibilità dei dati);
- pulizia dei vari dati a seconda della completezza e veridicità del dato;
- elaborazione del Database finale;
- elaborazioni dei dati sul campione analizzato, con lo scopo di fornire indicazioni di carattere generale sull'efficacia delle misure supportate da Regione Lombardia in tema di efficientamento energetico e valorizzazione delle risorse rinnovabili locali e a motivare/definire analoghe misure prevedibili nel prossimo futuro.

Nella parte successiva del capitolo vedremo le applicazioni ai concetti ora introdotti per i due ambiti d'intervento.

6.1 Sostituzione di caldaie a gasolio con caldaie a gas naturale

Ai fini del monitoraggio dei dati, come detto in precedenza, è necessario operare una distinzione tra indicatori semplici e composti, perché i primi sono stati determinati direttamente sulla base dei dati raccolti, mentre questi ultimi sono stati calcolati introducendo alcune ipotesi fondamentali.

Prima di tutto, i dati di base per l'analisi sono quelli relativi alle tecnologie e agli utenti finali (domanda di energia, di conversione e di emissioni):

1. potenza di riscaldamento nominale;
2. consumo di carburante;
3. efficienza di conversione dell'energia;
4. fattori di emissione.

Tuttavia, gli indicatori più importanti nella valutazione del programma sono quelli principalmente composti, quali:

- energia primaria e riduzione delle emissioni ($\text{CO}_{2\text{eq}}$, NO_x e SO_2);
- energia primaria e riduzione delle emissioni normalizzata rispetto al sussidio (costo);
- valore attuale netto (NPV) e tempo ritorno scontato (DPB).

L'analisi dei dati è stata effettuata utilizzando il Database costruito con i dati e gli indicatori semplici e composti. Durante il processo di elaborazione dei dati sono emerse alcune incongruenze all'interno dei data set. In alcuni casi, per colmare le lacune, è stato necessario utilizzare dati da letteratura e, in altri, effettuare delle elaborazioni dei dati disponibili (regressione multivariata).

Tuttavia non è stato possibile recuperare le informazioni complete per tutti gli interventi e quindi il numero di casi analizzati è stato, come visto in precedenza, ridotto.

Inoltre sono stati eliminati dal Database gli impianti con caratteristiche non adatte o incomplete, come ad esempio:

- i dati economici non considerati verosimili in quanto il costo totale indicato risultava essere inferiore al valore del contributo;
- i dati economici che, risultavano eccessivamente elevati, ovvero fuori scala rispetto all'ambito trattato;

- i dati nei quali era assente il valore del contributo assegnato o del costo del preventivo.

Le seguenti analisi si riferiscono quindi ai dati effettivamente raccolti e senza palesi incongruenze dopo la scrematura, come sopra indicato, che porta ad avere dati utilizzabili a pieno per 1.099 impianti su un totale iniziale di 1.398, il 78,5%.

6.1.1 Elaborazione dei dati

Prima di tutto è stato necessario caratterizzare i casi studio dal punto di vista tecnico, in termini di capacità di potenza termica installata. La maggior parte dell'analisi in questo capitolo si riferisce alla suddivisione degli impianti secondo il range di potenza utilizzato per il calcolo del contributo e descritto nella *Tabella 33*. Questa suddivisione è appropriata per l'analisi, perché consente di individuare le diverse scale di intervento relativamente a dimensioni tipiche di potenza dei sistemi di riscaldamento.

| Range | Potenza di riscaldamento installata (kW) | Contributo (€/kW) |
|-------|--|---|
| 1 | 35-200 | 20 €/kW |
| 2 | 200-500 | 4.000 € + 10 €/kW per ogni kW superiore ai 200 kW |
| 3 | <500 | 7.000 € + 5 €/kW per ogni kW superiore ai 500 kW |

Tabella 33 - Parametri per il calcolo del contributo

La *Tabella 34* mostra i dati per categoria di potenza, del numero di generatori (un impianto può avere più di un generatore), del numero di impianti, della potenza installata, dei costi totali e dell'ammontare del contributo erogato dopo la scrematura dei dati ottenuta, secondo i criteri indicati in precedenza.

| | | | |
|--|---------|---------|---------|
| | Potenza | Potenza | Potenza |
|--|---------|---------|---------|

| | 35-200 kW | 200-500 kW | >500 kW |
|---|------------------|-------------------|-------------------|
| Quantità generatori | (n.) | (n.) | (n.) |
| Bando 3 (D.G.R. n. 18603 del 05/08/2004) | 675 | 932 | 350 |
| Bando 4 (D.G.R. n. 935 del 27/10/2005) | | | |
| Totale | 1957 | | |
| Quantità impianti | (n.) | (n.) | (n.) |
| Bando 3 (D.G.R. n. 18603 del 05/08/2004) | 463 | 505 | 131 |
| Bando 4 (D.G.R. n. 935 del 27/10/2005) | | | |
| Totale | 1099 | | |
| Potenza termica installata | (MW) | (MW) | (MW) |
| Bando 3 (D.G.R. n. 18603 del 05/08/2004) | 62,94 | 155,38 | 119,48 |
| Bando 4 (D.G.R. n. 935 del 27/10/2005) | | | |
| Totale | 337,81 | | |
| Costi totali | (€) | (€) | (€) |
| Bando 3 (D.G.R. n. 18603 del 05/08/2004) | 11.542.683,91 | 19.459.605,05 | 9.788.054,68 |
| Bando 4 (D.G.R. n. 935 del 27/10/2005) | | | |
| Totale | 40.790.343,64 | | |
| Ammontare dei contributi | (€) | (€) | (€) |
| Bando 3 (D.G.R. n. 18603 del 05/08/2004) | 1.308.411,30 | 2.740.559,50 | 1.556.315,00 |
| Bando 4 (D.G.R. n. 935 del 27/10/2005) | | | |
| Totale | 5.605.285,80 | | |

Tabella 34 - Numero di generatori, impianti e potenza installata per Bando e per fasce di potenza

La quantità di energia primaria e la riduzione delle emissioni sono state calcolate per un periodo di tempo che coincide con la durata prevista della tecnologia, pari

a 15 anni⁴⁹⁻⁵⁰, in conformità con la legislazione sul ciclo di vita di questi sistemi tecnologici nei paesi europei.

Il risparmio di energia primaria risulta pari a circa 72.927,60 TEP in 15 anni, con una riduzione del 15,51% rispetto ai sistemi di riscaldamento sostituiti. Il risparmio in termini di emissioni evitate ammonta a 522.301,80 t di CO_{2-eq}, 968.910,60 kg di NO_x, 1.966.767,45 kg di SO₂ con una riduzione rispettivamente del 36,15%, 82,03% e 99,91%, come evidenziato nella *Tabella 35*.

| | Energia primaria fossile nel tempo di vita per riscaldamento (TEP) | Emissioni CO_{2-eq} nel tempo di vita (t) | Emissioni NO_x nel tempo di vita (kg) | Emissioni SO₂ nel tempo di vita (kg) |
|--|---|--|--|--|
| Pre-intervento | 470.263,39 | 1.444.759,12 | 1.181.136,11 | 1.968.560,18 |
| Post-intervento | 397.335,79 | 922.457,32 | 212.225,51 | 1.792,73 |
| Quantità evitata | 72.927,60 | 522.301,80 | 968.910,60 | 1.966.767,45 |
| % di evitato rispetto al pre-intervento | 15,51% | 36,15% | 82,03% | 99,91% |

Tabella 35 - Energia primaria ed emissioni di CO_{2-eq}, NO_x, SO₂ : pre e post intervento e loro variazione

6.1.2 Indicatori economici e energetico-ambientali totali

Si osserva innanzitutto che il costo totale specifico per unità di alimentazione varia significativamente con la dimensione del sistema. Successivamente, considerando il valore di mercato del risparmio di energia primaria, si osserva che gli interventi analizzati risultano più costosi rispetto ai valori di mercato di riferimento. In particolare facendo riferimento ai titoli di efficienza (certificati bianchi) per l'Italia, il valore di mercato è di circa 100 €/TEP⁵¹, mentre per il presente ambito è, in media, pari a 560 €/TEP per quanto riguarda il costo per il richiedente (senza sovvenzioni / budget di investimento), di 480 €/TEP se invece

⁴⁹ CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers). (2009). Indicative life expectancy for building services plant, equipment and systems.

⁵⁰ COWI. (2011). Methodology for Ecodesign of Energy-related Products.

⁵¹ <http://www.mercatoelettrico.org/It/MenuBiblioteca/documenti/20120717RapportoTEE.pdf>

si considera la sovvenzione è di 76,86 €/TEP per la pubblica amministrazione (sussidio).

Facendo riferimento al mercato delle emissioni di CO_{2-eq}, come visto nel *Capitolo 5.3*, il valore nel 2005 è stato di 40 €/t. Al momento, però, il mercato della CO_{2-eq} è sceso al prezzo attuale di circa 4 €/t, che mostra il fallimento del mercato di scambio delle emissioni. Il costo specifico del contributo di CO_{2-eq}, NO_x e SO₂ emissioni evitate sono 10,73 €/t per la CO_{2-eq}, 5,78 €/kg di NO_x e 2,85 €/kg per SO₂, rispettivamente. Una sintesi delle analisi dei dati divisi per i medesimi range di potenza analizzati in precedenza è riportata in *Tabella 36*.

| Criteri di efficienza | Potenza termica | Energia primaria evitata | Emissioni di CO_{2-eq} evitate | Emissioni di NO_x evitate | Emissioni di SO₂ evitate |
|---|---|--|--|---|---|
| Range | (kW) | (TEP) | (t) | (t) | (t) |
| 35-200 | 62.935,00 | 15.664,95 | 112.113,00 | 208,07 | 422,03 |
| 200-500 | 155.397,00 | 35.963,70 | 257.881,35 | 478,03 | 971,63 |
| >500 | 119.476,10 | 21.298,80 | 152.307,60 | 282,81 | 573,10 |
| Totale | 337.808,10 | 72.927,60 | 522.301,80 | 968,91 | 1.966,77 |
| Criteri di efficienza rispetto ai costi totali | Costo totale per Potenza termica | Costo totale per Energia primaria risparmiata | Costo totale per Emissioni di CO_{2-eq} evitata | Costo totale per Emissioni di NO_x evitata | Costo totale per Emissioni di SO₂ evitata |
| Range | (€/kW) | (€/TEP) | (€/t) | (€/t) | (€/t) |
| 35-200 | 183,41 | 736,85 | 102,96 | 55.475,58 | 27.350,48 |
| 200-500 | 125,22 | 541,09 | 75,46 | 40.707,69 | 20.027,71 |
| >500 | 81,92 | 459,56 | 64,26 | 34.610,00 | 17.078,99 |
| Totale | 120,75 | 559,33 | 78,10 | 42.099,18 | 20.739,79 |
| Criteri di efficienza rispetto al contributo corrisposto | Contributo corrisposto per Potenza termica | Contributo corrisposto per Energia primaria risparmiata | Contributo corrisposto per Emissioni di CO_{2-eq} evitata | Contributo corrisposto per Emissioni di NO_x evitata | Contributo corrisposto per Emissioni di SO₂ evitata |
| Range | (€/kW) | (€/TEP) | (€/t) | (€/t) | (€/t) |
| 35-200 | 20,79 | 83,52 | 11,67 | 6.288,39 | 3.100,29 |
| 200-500 | 17,64 | 76,20 | 10,63 | 5.732,99 | 2.820,57 |
| >500 | 13,03 | 73,07 | 10,22 | 5.503,04 | 2.715,58 |

| | | | | | |
|--|---|--|--|---|---|
| Totale | 16,59 | 76,86 | 10,73 | 5.785,14 | 2.849,99 |
| Criteri di efficienza rispetto ai costi scontati del contributo corrisposto | Costo scontato per Potenza termica | Costo scontato per Energia primaria risparmiata | Costo scontato per Emissioni di CO₂-eq evitata | Costo scontato per Emissioni di NO_x evitata | Costo scontato per Emissioni di SO₂ evitata |
| Range | (€/kW) | (€/TEP) | (€/t) | (€/t) | (€/t) |
| 35-200 | 162,62 | 653,32 | 91,28 | 49.187,19 | 24.250,19 |
| 200-500 | 107,59 | 464,89 | 64,83 | 34.974,70 | 17.207,14 |
| >500 | 68,90 | 386,49 | 54,05 | 29.106,96 | 14.363,41 |
| Totale | 104,16 | 482,47 | 67,36 | 36.314,04 | 17.889,79 |

Tabella 36 - Indicatori riferiti all'efficienza ed ai rapporti di costo ed efficienza sia rispetto al costo totale che rispetto al contributo corrisposto

Va notato che queste valutazioni sono effettuate in termini di costo totale e non in termini di extra costo. Infatti, considerando la necessità di sostituire le caldaie quando sono a fine vita, potrebbe essere considerato solo l'extra costo dovuto all'adozione di una caldaia ad elevata efficienza anziché una identica a quella esistente.

Dall'analisi dei dati nella suddivisione fra i range di potenza emerge in maniera più chiara come all'aumentare della potenza installata il contributo erogato ha un impatto maggiore sull'investimento, come mostrato in *Tabella 37* infatti il rapporto è del 11,34% per il range 35-200 kW, 14,08€ nel range 200-500 kW e del 15,90% nel range >500 kW.

| Range | Costo totale (€) | Contributo (€) | Contributo/Costo totale (%) |
|--------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------------|
| 35-200 kW | 11.542.683,91 | 1.308.411,30 | 11,34 |
| 200-500 kW | 19.459.605,05 | 2.740.559,50 | 14,08 |
| >500 kW | 9.788.054,68 | 1.556.315,00 | 15,90 |
| Totale | 40.790.343,64 | 5.605.285,80 | 13,74 |

Tabella 37 - Ammontare del costo totale, del contributo e del rapporto tra contributo e costo totale nei vari range di potenza

6.1.3 Indicatori economici e energetico-ambientali medi e medi pesati

Lo stesso procedimento di analisi è stato apportato anche su valori medi matematici e valori di media pesata rispetto alla potenza. Nel primo caso quindi si è effettuata un'elaborazione mirata ottenendo valori dovuti ad una semplice media matematica, in cui si prendeva il totale dei risultati, per lo specifico campo analizzato, che veniva diviso per il numero totale di impianti analizzati per quel campo (Tabella 38).

| Criteri di efficienza | Potenza termica | Energia primaria evitata | Emissioni di CO₂-eq evitate | Emissioni di NO_x evitate | Emissioni di SO₂ evitate |
|------------------------------|------------------------|---------------------------------|---|--|--|
| Range | (kW) | (TEP) | (t) | (kg) | (kg) |
| 35-200 | 135,93 | 33,83 | 242,14 | 449,39 | 911,51 |
| 200-500 | 307,72 | 71,22 | 510,66 | 946,60 | 1.924,03 |
| >500 | 912,03 | 162,59 | 1.162,65 | 2.158,86 | 4374,85 |
| Totale | 307,38 | 66,37 | 475,37 | 881,85 | 1.790,06 |

Tabella 38 - Media matematica delle potenze, dell'energia primaria e delle emissioni evitate per i vari range di potenza

Nel secondo caso, cioè quello in cui l'indagine si sposta verso un calcolo più raffinato, e cioè di media pesata rispetto alla potenza installata, i valori vengono ricavati dalla somma di tutti i valori di un determinato campo che vengono poi pesati rispetto ai valori effettivi della potenza degli impianti presi in considerazione (Tabella 39).

| Criteri di efficienza | Potenza termica | Energia primaria evitata | Emissioni di CO₂-eq evitate | Emissioni di NO_x evitate | Emissioni di SO₂ evitate |
|------------------------------|------------------------|---------------------------------|---|--|--|
| Range | (kW) | (TEP) | (t) | (kg) | (kg) |
| 35-200 | 135,93 | 36,93 | 264,31 | 490,55 | 994,91 |
| 200-500 | 307,72 | 75,38 | 540,77 | 1002,14 | 2037,92 |
| >500 | 912,03 | 201,86 | 1453,04 | 2687,13 | 5484,70 |
| Totale | 307,38 | 112,99 | 812,18 | 1503,27 | 3063,67 |

Tabella 39 - Media pesata rispetto alla potenza installata della potenza, delle emissioni evitate e dell'energia primaria risparmiata per i vari range di potenza.

Anche per l'investimento l'indagine a livello di media matematica e pesata è utile per comprendere meglio quanto incide il contributo sul singolo investimento in riferimento alla potenza installata come emerge nelle due tabelle qui di seguito riportate (*Tabella 40, Tabella 41*).

| Range | Costo totale (€) | Contributo (€) | Contributo/Costo totale (%) |
|---------------|-----------------------------|---------------------------|--|
| 35-200 kW | 24.930,20 | 2.825,94 | 11,34 |
| 200-500 kW | 38.533,87 | 5.426,85 | 14,08 |
| >500 kW | 74.717,97 | 11.880,27 | 15,90 |
| Totale | 37.115,87 | 5.100,35 | 13,74 |

Tabella 40 - Ammontare del costo totale, del contributo e del rapporto tra contributo e costo totale nei vari range di potenza per valori medi matematici.

| Range | Costo totale (€) | Contributo (€) | Contributo/Costo totale (%) |
|---------------|-----------------------------|---------------------------|--|
| 35-200 kW | 26.332,75 | 3.075,35 | 11,68 |
| 200-500 kW | 39.626,57 | 5.684,50 | 14,35 |
| >500 kW | 90.677,46 | 14.656,31 | 16,16 |
| Totale | 55.223,33 | 8.374,13 | 15,16 |

Tabella 41 - Ammontare del costo totale, del contributo e del rapporto tra contributo e costo totale nei vari range di potenza per valori medi pesati rispetto alla potenza installata.

6.1.4 Valore attuale netto (VAN)

Gli indicatori economici sono stati valutati calcolando, come presentato nel capitolo 5.3, il tempo di ritorno attualizzato, prima riferito alla prospettiva macroeconomica e poi a quella finanziaria.

La prospettiva macroeconomica paragonando quindi la media degli investimenti, sempre suddivisi secondo i range di potenza, con un tasso di attualizzazione del

3% e del 4% tenendo conto degli incentivi e delle emissioni evitate di CO₂; ottenendo così lievi differenze riportate nella *Tabella 42 e Tabella 43*, nelle quali si nota come ci sia un divario di circa 2 mesi se si considera il pagamento della CO₂ a 10€ oppure a 40€, mentre è praticamente nullo il divario dato dalla percentuale di attualizzazione tra il 3 e 4 %. Anche la differenza tra la presenza o meno del contributo è poco influente sul tempo di ritorno, portando un beneficio minimo che si attesta intorno a circa 4 mesi.

Dai dati medi per fascia di potenza, si può osservare come, aumentando la potenza, diminuisca il tempo di ritorno attualizzato per qualsiasi condizione di analisi (*Figura 15, Figura 16*).

| | Senza contributo | | | |
|--------------|--|--|--|--|
| Range | Tempo di ritorno attualizzato al 3% e CO₂ a 10€ (anni) | Tempo di ritorno attualizzato al 3% e CO₂ a 40€ (anni) | Tempo di ritorno attualizzato al 4% e CO₂ a 10€ (anni) | Tempo di ritorno attualizzato al 4% e CO₂ a 40€ (anni) |
| 35-200 | 3,60 | 3,40 | 3,64 | 3,45 |
| 200-500 | 2,56 | 2,42 | 2,59 | 2,45 |
| > 500 | 2,19 | 2,07 | 2,22 | 2,10 |
| Media | 2,78 | 2,63 | 2,82 | 2,67 |

Tabella 42 - Tempi di ritorno attualizzati per range di potenza senza contributo di Regione Lombardia e con 10€ e 40€ ogni t di CO₂ evitata, (prospettiva macroeconomica).

| | Con contributo | | | |
|--------------|--|--|--|--|
| Range | Tempo di ritorno attualizzato al 3% e CO₂ a 10€ (anni) | Tempo di ritorno attualizzato al 3% e CO₂ a 40€ (anni) | Tempo di ritorno attualizzato al 4% e CO₂ a 10€ (anni) | Tempo di ritorno attualizzato al 4% e CO₂ a 40€ (anni) |
| 35-200 | 3,25 | 3,07 | 3,30 | 3,12 |
| 200-500 | 2,23 | 2,11 | 2,25 | 2,13 |
| > 500 | 1,79 | 1,68 | 1,80 | 1,69 |
| Media | 2,42 | 2,29 | 2,45 | 2,31 |

Tabella 43 - Tempi di ritorno attualizzati per range di potenza con contributo di Regione Lombardia e con 10€ e 40€ ogni t di CO₂ evitata, (prospettiva macroeconomica).

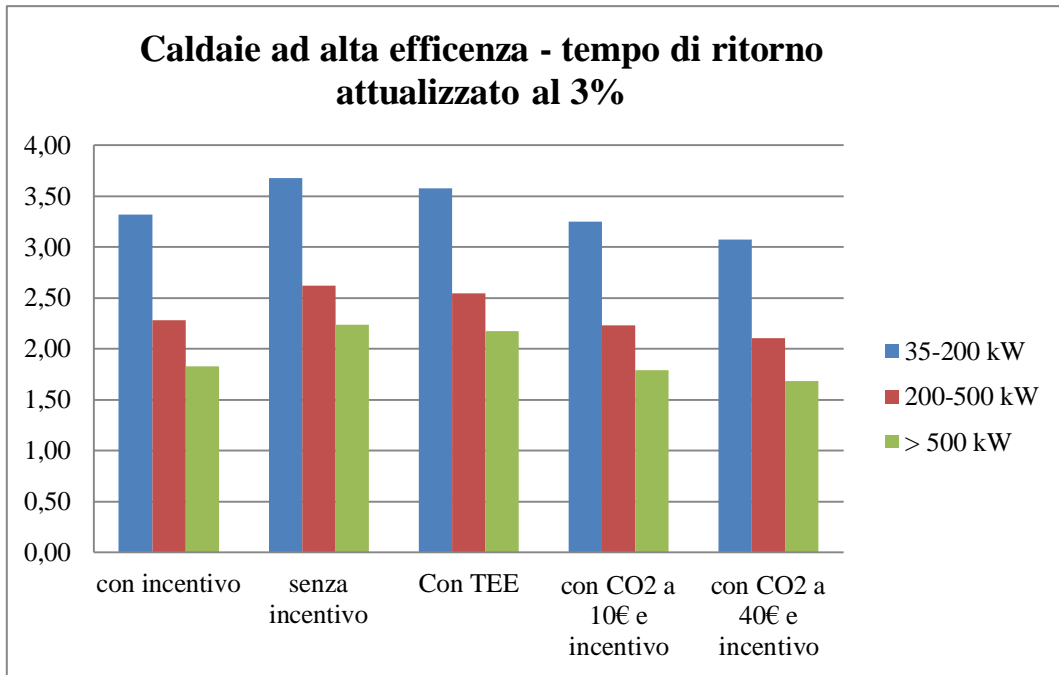


Figura 15 - Schema dei tempi di ritorno attualizzati al 3% per range di potenza con contributo di Regione Lombardia e con 10€ e 40€ ogni t di CO₂ evitata.

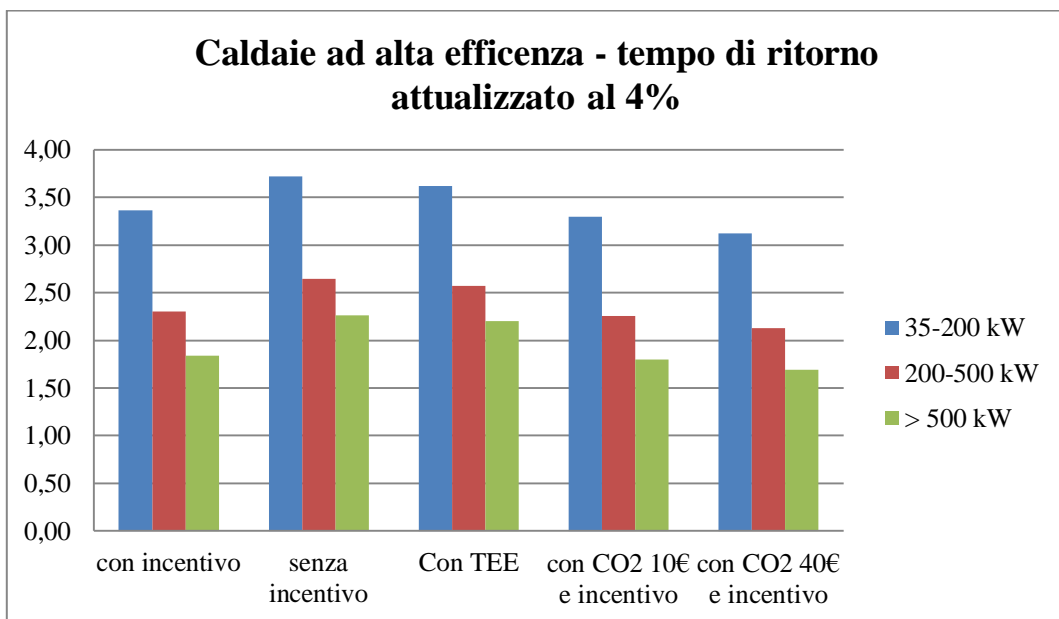


Figura 16 - Schema dei tempi di ritorno attualizzati al 4% per range di potenza con contributo di Regione Lombardia e con 10€ e 40€ ogni t di CO₂ evitata.

Non cambia di molto la situazione per quanto riguarda la prospettiva finanziaria dove cioè si considera un confronto tra tassi di attualizzazione del 4% e 5%, ma a

differenza della precedente qui non si considerano i contributi elargiti per la diminuzione di emissioni di CO₂.

In questo caso specifico i tempi di ritorno per la sostituzione della caldaia tradizione con una caldaia a condensazione aumentano ancora leggermente come riportato nella *Tabella 44* dove il valore medio rispetto alla potenza è di 2 anni e 6 mesi con tasso di attualizzazione del 4% contando anche l'incentivo elargito dalla regione Lombardia, mentre sarebbe maggiore senza incentivo passando a 2 anni e 9 mesi come in precedenza, aumenta leggermente se si considera un tasso di attualizzazione del 5%.

| Range | Tempo di ritorno attualizzato al 4% senza contributo (anni) | Tempo di ritorno attualizzato al 4% con contributo (anni) | Tempo di ritorno attualizzato al 5% senza contributo (anni) | Tempo di ritorno attualizzato al 5% con contributo (anni) |
|--------------|--|--|--|--|
| 35-200 | 3,72 | 3,37 | 3,77 | 3,42 |
| 200-500 | 2,64 | 2,30 | 2,67 | 2,33 |
| > 500 | 2,26 | 1,84 | 2,29 | 1,85 |
| Media | 2,87 | 2,50 | 2,91 | 2,53 |

Tabella 44 - Tempi di ritorno attualizzati per range di potenza con e senza contributo per la prospettiva finanziaria

Si può quindi notare analizzando le due previsioni con un tempo di ritorno attualizzato al 4% quanto vada ad incidere in media l'incentivo di regione Lombardia sul tempo di ritorno dell'investimento, migliorando la situazione di circa il 13%, passando da una media di 2,87 anni a 2,50. Come meglio rappresentato nella *Figura 17* per tutte le varie fasce di potenza analizzata.

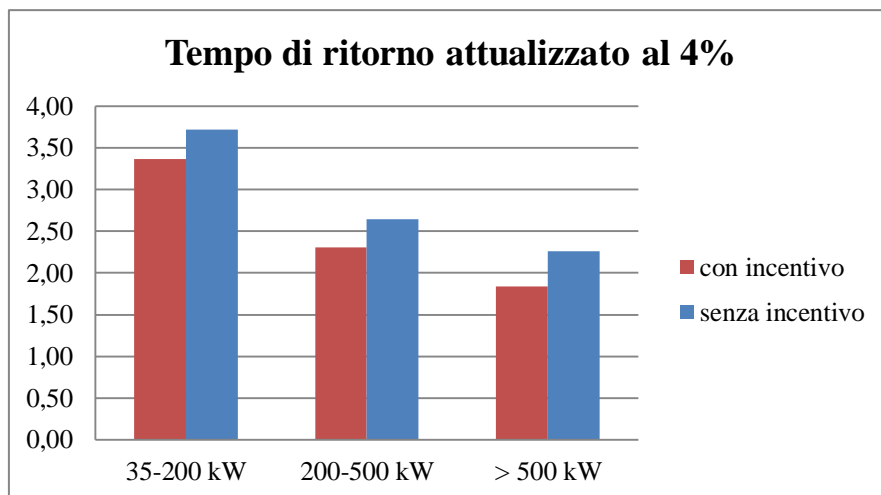


Figura 17 - Schema riassuntivo dei tempi di ritorno attualizzati al 4% per range di potenza con e senza incentivo nel caso della sostituzione della caldaia a gasolio con caldaia a gas naturale

6.2 Implementazione del sistema con impianto solare termico

Stesso tipo di procedura applicata precedentemente nel caso della sostituzione della caldaia a gasolio con quella a gas naturale viene riproposta per l'implementazione del solare termico. Durante l'analisi dei dati si è deciso di eliminare dal Database i record relativi ad impianti caratterizzati da valori di alcuni indicatori considerati non ammissibili per assicurarsi di avere un quadro di insieme il più possibile coerente, come visto prima nel *capito 5.3.1*.

6.2.1 Elaborazione dei dati

Di seguito vengono rappresentati in *Tabella 45* i limiti massimi considerati per i tre indicatori considerati. Viene successivamente indicato il numero di impianti eliminati inizialmente ad un prima scrematura (*Figura 18*).

| Limiti | |
|---|--------------------------|
| Tempo di ritorno massimo (anni) | 20 |
| Energia termica producibile (kWh/m ²) | 1.500 |
| Costo specifico al m ² (€/m ²) | 3.000 |
| Elaborazioni | |
| Impianti eliminati | 105/1.259 (8%) |
| Impianti analizzati | 1.154/1.259 (92%) |

Tabella 45 - Limiti ed elaborazioni per il calcolo dei risultati finali

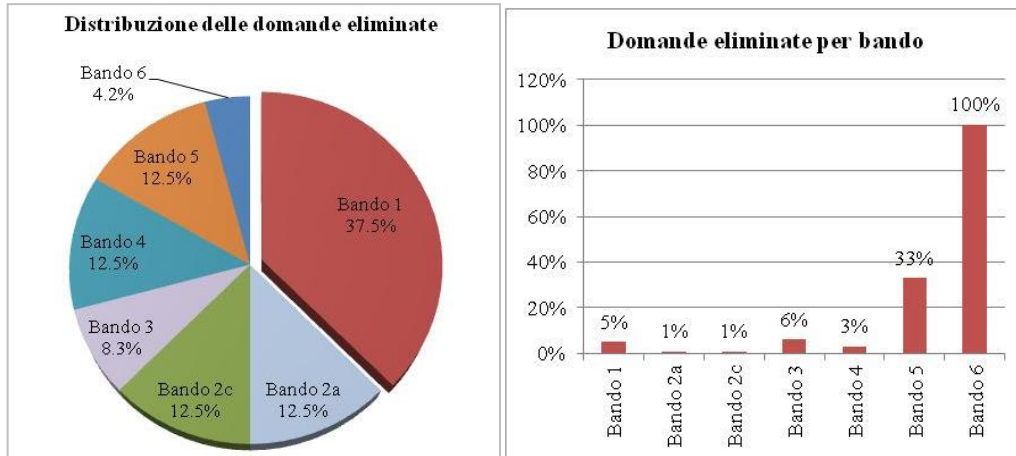


Figura 18 - Distribuzione degli impianti eliminati rispetto al totale e al Bando di appartenenza

Le analisi descritte in questo paragrafo si riferiscono alla suddivisione degli impianti secondo degli specifici intervalli di superficie installata. Questa suddivisione è stata introdotta perché consente di individuare le diverse scale di intervento relativamente alle caratteristiche dimensionali dell'impianto e alla complessità dello stesso.

In generale è stata proposta la seguente correlazione tra la tipologia di impianto e l'intervallo di superficie dei collettori:

- superficie $< 5 \text{ m}^2$, indica piccoli impianti residenziali (casa unifamiliare);
- superficie compresa tra 5 e 10 m^2 , indica medi impianti ad uso residenziale e piccoli impianti ad uso pubblico (palestre, oratori, ristoranti, ecc.);
- superficie compresa tra 10 e 100 m^2 , indica gli impianti ad uso pubblico e industriale (università, piscine, ospedali, ecc.) e gli impianti residenziali di grandi dimensioni (condomini e complessi residenziali);
- superficie superiore a 100 m^2 , indica grandi impianti ad uso pubblico.

A tale proposito si riportano di seguito alcuni grafici che descrivono la distribuzione delle caratteristiche appena citate.

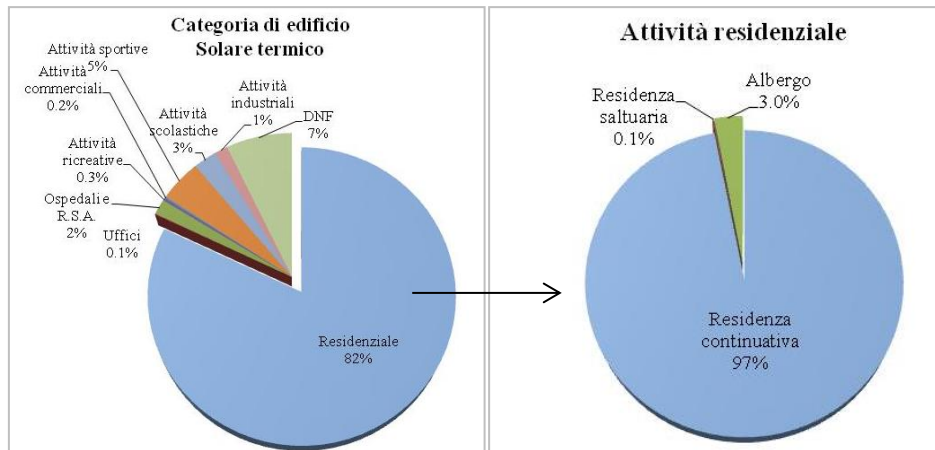


Figura 19 - Distribuzione delle categorie di edificio nella totalità dei Bandi

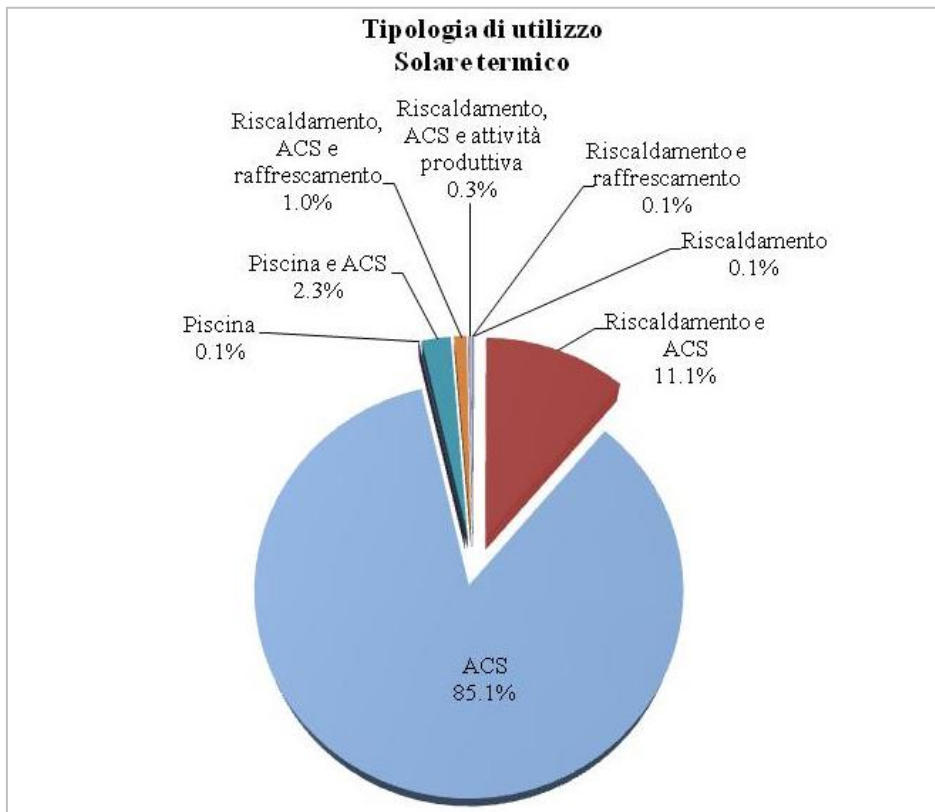


Figura 20 - Distribuzione dell'utilizzo degli impianti solari nella totalità dei Bandi

Si può osservare come la maggior parte degli impianti sia installata presso abitazioni private e sia destinata alla produzione di acqua calda sanitaria. Bisogna considerare che l'attività residenziale comprende sia abitazioni private (range < 5 m²) che condomini (range 5-10 e 10-100 m²). Le restanti attività si dividono principalmente tra la terza e quarta fascia. I grafici che seguono mostrano come

variano le percentuali di distribuzione considerando la superficie installata o il numero di impianti. La fascia che comprende impianti di area inferiore a 5 m² occupa il 10% della superficie installata ma il 38% del totale di impianti, mentre quelli che superano i 100 m² coprono il 20% della superficie e solo il 2% degli impianti.

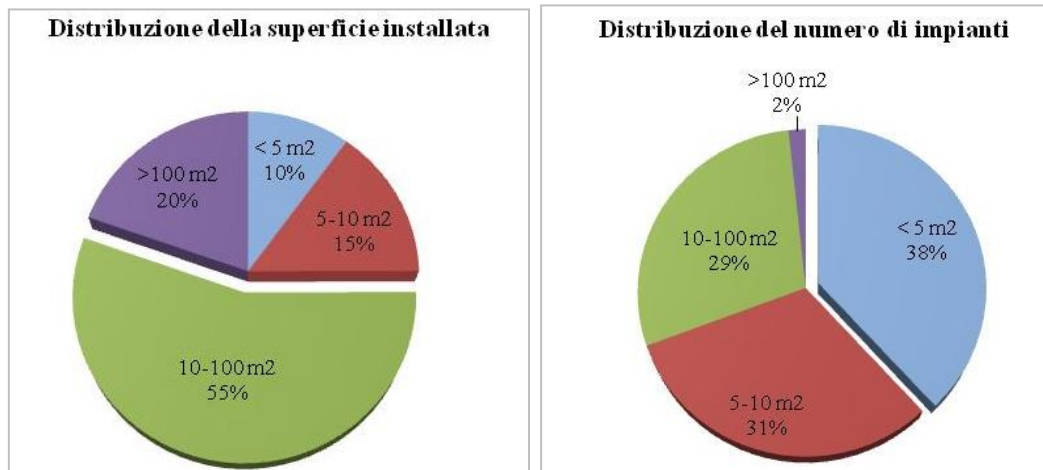


Figura 21 - Distribuzione percentuale della superficie e del numero di impianti in base all'intervallo di superficie installata

6.2.2 Indicatori economici e energetico-ambientali totali

La procedura attuata è la stessa utilizzata in precedenza per i bandi inerenti alle incentivazioni per la sostituzione delle caldaie a gasolio ma a variare sono le assunzioni, come già accennato in precedenza. In particolare il costo di energia termica dei sistemi solari termici dipende ovviamente dal costo del sistema per la produzione di energia termica, che a sua volta è funzione del contesto climatico specifico, per questo motivo, i valori relativi alle diverse condizioni climatiche devono essere rispettati con attenzione. Tuttavia, dalla letteratura, è possibile affermare che i costi di energia termica, prodotta dai sistemi installati nel centro e nella zona meridionale dell'Unione Europea, variano approssimativamente tra 0,05 e 0,16 €/ kWh_t a seconda delle condizioni al contorno⁵².

Nella seguente *Tabella 46* si riporta il dettaglio dell'analisi svolta alla prima scrematura dei dati.

⁵² ESTIF, 2009, Solar Heating and Cooling for a Sustainable Energy Future in Europe. Strategic Research Agenda. Sixth Framework Programme.

| Bando | Superficie installata | | | |
|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| | < 5 m² | 5-10 m² | 10-100 m² | > 100 m² |
| Superficie installata | (m²) | (m²) | (m²) | (m²) |
| 1 | 313,40 | 393,41 | 748,97 | - |
| 2a | 550,65 | 971,45 | 1.439,27 | - |
| 2b | 251,80 | 384,08 | 648,76 | - |
| 2c | 711,56 | 966,12 | 1.706,64 | 374,71 |
| 3 | - | - | 1.620,69 | 240,76 |
| 4 | - | - | 3.797,64 | 2.953,04 |
| 6 | - | - | 122,88 | - |
| Totale | 1.827,4 | 2.715 | 10.084,8 | 3.568,514982 |
| Numero di domande | (n.) | (n.) | (n.) | (n.) |
| 1 | 89 | 58 | 41 | - |
| 2a | 139 | 142 | 83 | - |
| 2b | 60 | 54 | 43 | - |
| 2c | 183 | 131 | 87 | 2 |
| 3 | - | - | 31 | 2 |
| 4 | - | - | 71 | 17 |
| 6 | - | - | 2 | - |
| Totale | 471 | 385 | 358 | 21 |
| Costo totale | (€) | (€) | (€) | (€) |
| 1 | 427.788,22 | 404.173,57 | 609.241,94 | - |
| 2a | 624.161,79 | 1.023.129,62 | 1.145.998,40 | - |
| 2b | 259.079,45 | 331.731,63 | 454.454,84 | - |
| 2c | 857.780,27 | 941.498,18 | 1.346.383,62 | 202.000,00 |
| 3 | - | - | 1.836.748,71 | 321.862,80 |
| 4 | - | - | 4.331.675,68 | 3.475.588,92 |
| 6 | - | - | 119.644,00 | - |
| Totale | 2.168.809,7 | 2.700.533,00 | 9.844.147,19 | 3.999.451,72 |
| Contributo corrisposto | (€) | (€) | (€) | (€) |
| 1 | 942.26,97 | 96.922,14 | 141.877,95 | - |
| 2a | 175.554,24 | 271.291,08 | 349.850,36 | - |
| 2b | 87.730,41 | 129.593,57 | 170.492,22 | - |
| 2c | 188.158,32 | 204.083,69 | 313.877,94 | 50.630,00 |
| 3 | - | - | 86.9276,45 | 139.899,00 |
| 4 | - | - | 2.053.357,25 | 2.110.448,78 |

| | | | | |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 6 | - | - | 63.125,96 | - |
| Totale | 545.669,94 | 701.890,48 | 3.961.858,13 | 2.300.977,78 |
| Costo specifico | (€/m²) | (€/m²) | (€/m²) | (€/m²) |
| 1 | 1.365,0 | 1.027,4 | 813,4 | - |
| 2a | 1.133,5 | 1.053,2 | 796,2 | - |
| 2b | 1.028,9 | 863,7 | 700,5 | - |
| 2c | 1.205,5 | 974,5 | 788,9 | 539,1 |
| 3 | - | - | 1.133,3 | 1.336,9 |
| 4 | - | - | .1140,6 | 1.177,0 |
| 6 | - | - | 973,7 | - |
| Totale | 1.186,8 | 994,6 | 976,1 | 1.120,8 |
| Contributo specifico | (€/m²) | (€/m²) | (€/m²) | (€/m²) |
| 1 | 300,7 | 246,4 | 189,4 | - |
| 2a | 318,8 | 279,3 | 243,1 | - |
| 2b | 348,4 | 337,4 | 262,8 | - |
| 2c | 264,4 | 211,2 | 183,9 | 135,1 |
| 3 | - | - | 536,4 | 581,1 |
| 4 | - | - | 540,7 | 714,7 |
| 6 | - | - | 513,7 | - |
| Totale | 298,6 | 258,5 | 392,9 | 644,8 |

Tabella 46 - Principali caratteristiche dimensionali ed economiche per range e Bando di appartenenza

Dalla precedente tabella si deduce che la quantità di impianti si distribuisce abbastanza uniformemente tra le prime tre fasce (range1: 38%; range2: 31%; range3: 29%). Solo 23 domande su 1.159, invece, presentano una superficie di collettori solari maggiore di 100 m² e l'80% di queste appartengono al Bando 4 (enti pubblici).

Se calcoliamo la superficie media per intervallo (rapporto tra la superficie totale e il numero di impianti) otteniamo i valori riportati nella *Tabella 47*. Da questi è possibile osservare che la maggior parte degli impianti installati sono di piccola – media dimensione; anche la terza fascia, infatti, ha una superficie media (28 m²) più vicina, quindi, al minimo dell'intervallo (10 m²) rispetto al massimo (100 m²).

| Range | Superficie media |
|--|------------------|
| Superficie installata < 5 m ² | 4 m ² |

| | |
|---|--------------------|
| Superficie installata 5 – 10 m ² | 7 m ² |
| Superficie installata 10-100 m ² | 28 m ² |
| Superficie installata < 100 m ² | 170 m ² |
| Totale | 15 m ² |

Tabella 47 - Confronto tra la superficie media per intervallo di superficie e la superficie media totale

Il contributo specifico medio erogato per le diverse classi di superficie è compreso tra 298,60 €/m² e 644,80 €/m² mentre il costo totale medio varia tra 976,10 €/m² e 1120,80 €/m².

Il costo medio per impianto indica l'andamento dei prezzi di mercato rispetto alla tipologia di impianto, di utilizzo, ecc. Considerando che il 90% circa degli collettori è piano vetrato, è ragionevole affermare che la diminuzione di prezzo sia dovuta a due ragioni principali; il decremento di costo dovuto alla maggiore diffusione di impianti solari negli anni e/o all'aumentare della dimensione dell'impianto. Fa eccezione l'ultima fascia che comprende impianti particolari (solar cooling, ecc) i quali hanno costi non paragonabili agli impianti di piccola-media dimensione.

Se però il costo mediamente diminuisce, il contributo specifico aumenta nel tempo. Dividendo il costo totale per il contributo ricevuto, infatti, troviamo i rapporti descritti nella *Tabella 48*.

| Range | Rapporto tra costo e contributo |
|---|--|
| Superficie installata < 5 m ² | 0,25 |
| Superficie installata 5 – 10 m ² | 0,26 |
| Superficie installata 10-100 m ² | 0,40 |
| Superficie installata < 100 m ² | 0,58 |
| Totale | 0,37 |

Tabella 48 - Rapporto tra costo e contributo per intervallo di superficie

Di seguito vengono riportati, invece, gli indicatori energetico-ambientali più significativi, riferiti all'arco di vita utile degli impianti, pari a 20 anni calcolati sul totale dei valori analizzati (*Tabella 49*).

| | | | | | |
|-------------------|----------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Criteri di | Energia | Energia | Emissioni di | Emissioni di | Emissioni di |
|-------------------|----------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|

| efficienza (totale) | totale producibile | primaria evitata | CO₂-eq evitate | NO_x evitate | SO₂ evitate |
|---|---|--|--|---|---|
| Range | (MWh) | (TEP) | (t) | (t) | (t) |
| 0-5 m ² | 29.132 | 3.833 | 10.723 | 8.1 | 3.7 |
| 5-10 m ² | 37.820 | 4.976 | 13.920 | 10.5 | 4.8 |
| 10-100 m ² | 151.227 | 19.898 | 55.661 | 41.9 | 19.1 |
| > 100 m ² | 61.219 | 8.055 | 22.533 | 16.9 | 7.7 |
| Totale | 279.398 | 36.763 | 102.837 | 77.3 | 35.3 |
| Criteri di efficienza (media) | Energia producibile | Energia primaria evitata | Emissioni di CO₂-eq evitate | Emissioni di NO_x evitate | Emissioni di SO₂ evitate |
| Range | (MWh/m ²) | (TEP/m ²) | (t/m ²) | (kg/m ²) | (kg/m ²) |
| 0-5 m ² | 15,9 | 2,1 | 5,9 | 4,4 | 2,0 |
| 5-10 m ² | 13,9 | 1,8 | 5,1 | 3,9 | 1,8 |
| 10-100 m ² | 15,0 | 2,0 | 5,5 | 4,2 | 1,9 |
| > 100 m ² | 17,2 | 2,3 | 6,3 | 4,7 | 2,2 |
| Totale | 15,4 | 2,0 | 5,7 | 4,2 | 1,9 |
| Criteri di efficienza rispetto ai costi totali | Costo totale per Energia producibile | Costo totale per Energia primaria risparmiata | Costo totale per Emissioni di CO₂-eq evitate | Costo totale per Emissioni di NO_x evitate | Costo totale per Emissioni di SO₂ evitate |
| Range | (€/MWh) | (€/TEP) | (€/t) | (€/kg) | (€/kg) |
| 0-5 m ² | 74,4 | 565,8 | 202,3 | 269,0 | 589,8 |
| 5-10 m ² | 71,4 | 542,7 | 194,0 | 258,0 | 565,7 |
| 10-100 m ² | 65,1 | 496,5 | 176,9 | 235,2 | 515,7 |
| > 100 m ² | 65,3 | 496,5 | 177,5 | 236,1 | 517,5 |
| Totale | 67,0 | 509,0 | 182,0 | 242,0 | 530,6 |
| Criteri di efficienza rispetto al contributo corrisposto | Contributo corrisposto per Energia producibile | Contributo corrisposto per Energia primaria risparmiata | Contributo corrisposto per Emissioni di CO₂-eq evitate | Contributo corrisposto per Emissioni di NO_x evitate | Contributo corrisposto per Emissioni di SO₂ evitate |
| Range | (€/MWh) | (€/TEP) | (€/t) | (€/kg) | (€/kg) |
| 0-5 m ² | 18,7 | 142,4 | 50,9 | 67,7 | 148,4 |
| 5-10 m ² | 18,6 | 141,0 | 50,4 | 67,1 | 147,0 |
| 10-100 m ² | 26,1 | 198,5 | 71,2 | 94,7 | 207,5 |
| > 100 m ² | 37,6 | 285,7 | 102,1 | 135,8 | 297,8 |
| Totale | 26,8 | 204,0 | 73,0 | 97,1 | 212,9 |

Tabella 49 - Indicatori riferiti all'efficienza ed ai rapporti di costo ed efficienza sia rispetto al costo totale che rispetto al contributo corrisposto

Si evidenzia quindi una quantità di energia totale producibile dagli interventi analizzati pari a 279.398 MWh, un costo medio per la collettività dell'energia primaria evitata pari a 204 €/TEP e un costo delle emissioni evitate di CO₂-eq, NO_x e SO₂ pari rispettivamente a 73 €/t, 97,1 €/kg e 212,9 €/kg.

La distribuzione percentuale tra le classi di superficie è la medesima per tutti gli indicatori in quanto sia l'energia primaria che la quantità di emissioni evitate sono calcolate in base all'energia producibile.

| Range | Beneficio ambientale per fasce di superficie installata (%) |
|---|--|
| Superficie installata < 5 m ² | 10 |
| Superficie installata 5 – 10 m ² | 14 |
| Superficie installata 10-100 m ² | 54 |
| Superficie installata < 100 m ² | 22 |

Tabella 50 - Distribuzione percentuale della riduzione di inquinanti e di energia primaria da fonti non rinnovabili

Al fine di valutare più approfonditamente il rapporto negli anni tra costo totale e contributo erogato è possibile osservare quanto indicato nella seguente *Tabella 51*, in cui si evidenzia la variazione del criterio di assegnazione dei contributi rispetto ai diversi Bandi.

| Bando | Costo totale (€) | Contributo corrisposto (€) | Contributo per Costo (%) |
|---------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 1.441.203,73 | 333.027,06 | 23 |
| 2a | 2.793.289,81 | 796.695,68 | 29 |
| 2b | 1.045.265,92 | 387.816,20 | 37 |
| 2c | 3.347.662,07 | 756.749,96 | 23 |
| 3 | 2.158.611,51 | 1.009.175,45 | 47 |
| 4 | 7.807.264,60 | 4.163.806,03 | 53 |
| 5 | - | - | - |
| 6 | 119.644,00 | 63.125,96 | 53 |
| Totale | 18.712.941,64 | 7.510.396,36 | 40 |

Tabella 51 - Ammontare del costo totale e del contributo corrisposto e relativo rapporto

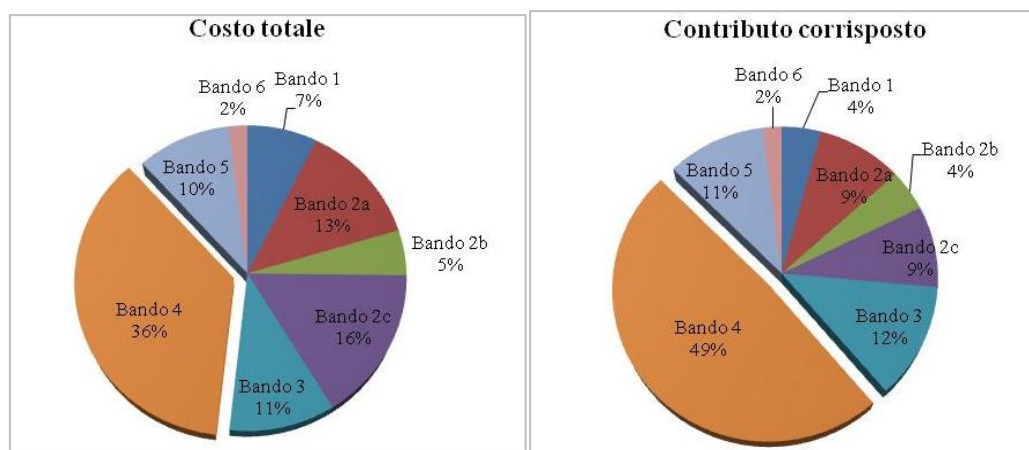


Figura 22 - Distribuzione del costo totale e del contributo rispetto al Bando di appartenenza

Osservando i dati si nota come i Bandi rivolti prevalentemente ad enti pubblici (Bandi 4 e 6) siano caratterizzati da un rapporto contributo/costo totale decisamente più elevato della media. Va sottolineato, però, che quello relativo agli enti pubblici (Bando 4) ricopre il 38% dell'energia termica producibile totale.

| Bando | Energia termica producibile (MWh) | Contributo corrisposto (€) | Costo del contributo corrisposto per energia termica prodotta (€/MWh) |
|--------|-----------------------------------|----------------------------|---|
| 1 | 20.808,6 | 333.027,06 | 16,0 |
| 2a | 44.543,7 | 796.695,68 | 17,9 |
| 2b | 20.984,7 | 387.816,20 | 18,5 |
| 2c | 54.418,4 | 756.749,96 | 13,9 |
| 3 | 28.581,2 | 1.009.175,45 | 35,3 |
| 4 | 108.756,4 | 4.163.806,03 | 38,23 |
| 5 | - | - | - |
| 6 | 1.304,6 | 63.125,96 | 48,4 |
| Totale | 279.397,60 | 7.510.396,36 | 26,8 |

Tabella 52 - Contributo corrisposto per energia prodotta rispetto al Bando di appartenenza

6.2.3 Indicatori economici e energetico-ambientali medi e medi pesati

Lo stesso procedimento di analisi è stato apportato anche su valori medi matematici e valori di media pesata rispetto alla superficie installata. Nel primo caso quindi si è effettuata un'elaborazione mirata ottenendo valori dovuti ad una semplice media matematica, in cui si prende il totale dei risultati, per lo specifico campo analizzato, suddiviso per il numero totale di impianti analizzati per quel campo (*Tabella 53*).

| Criteri di efficienza | Superficie | Energia primaria evitata | Emissioni di CO₂-eq evitate | Emissioni di NO_x evitate | Emissioni di SO₂ evitate |
|------------------------------|------------------------|---------------------------------|---|--|--|
| Range | (m²) | (TEP) | (t) | (t) | (t) |
| 0-5 m ² | 3,86 | 8,08 | 22,59 | 16,99 | 7,75 |
| 5-10 m ² | 7,14 | 13,46 | 37,64 | 28,30 | 12,91 |
| 10-100 m ² | 28,40 | 55,43 | 155,04 | 116,58 | 53,17 |
| > 100 m ² | 172,86 | 351,27 | 982,62 | 738,86 | 337,00 |
| Totale | 15,98 | 31,52 | 88,17 | 66,30 | 30,24 |

Tabella 53 - Media matematica della superficie installata, delle emissioni evitate e dell'energia primaria risparmiata per i vari range di superficie

Nel secondo caso, cioè quello in cui l'indagine si sposta verso un calcolo più raffinato, e cioè di media pesata rispetto alla superficie installata, i valori vengono ricavati dalla somma di tutti i valori di un determinato campo che vengono poi pesati rispetto ai valori effettivi della potenza degli impianti presi in considerazione (*Tabella 54*).

| Criteri di efficienza | Superficie | Energia primaria evitata | Emissioni di CO₂-eq evitate | Emissioni di NO_x evitate | Emissioni di SO₂ evitate |
|------------------------------|------------------------|---------------------------------|---|--|--|
| Range | (m²) | (TEP) | (t) | (t) | (t) |
| 0-5 m ² | 3,86 | 8,32 | 23,28 | 17,50 | 7,98 |
| 5-10 m ² | 7,14 | 13,84 | 38,70 | 29,10 | 13,27 |
| 10-100 m ² | 28,40 | 81,00 | 226,57 | 170,36 | 77,70 |
| > 100 m ² | 172,86 | 397,63 | 1112,30 | 836,38 | 381,48 |
| Totale | 15,98 | 133,72 | 374,05 | 281,26 | 128,29 |

Tabella 54 - Media pesata rispetto alla superficie installata della superficie, delle emissioni evitate e dell'energia primaria risparmiata per i vari range di superficie.

Anche per l'investimento l'indagine a livello di media matematica e pesata è utile per comprendere meglio quanto incide il contributo sul singolo investimento in riferimento alla potenza installata come emerge nelle due tabelle qui di seguito (Tabella 55 , Tabella 56).

| Range | Costo totale (€) | Contributo (€) | Contributo/Costo totale (%) |
|-----------------------|-----------------------------|---------------------------|--|
| 0-5 m ² | 4.772,62 | 1.770,03 | 37,09 |
| 5-10 m ² | 7.358,10 | 1.920,09 | 26,09 |
| 10-100 m ² | 29.966,49 | 13.995,69 | 46,70 |
| > 100 m ² | 124.040,91 | 66.299,35 | 53,45 |
| Totale | 15.846,63 | 6.958,97 | 43,91 |

Tabella 55 - Ammontare del costo totale, del contributo e del rapporto tra contributo e costo totale nei vari range di superficie per valori medi matematici.

| Range | Costo totale (€) | Contributo (€) | Contributo/Costo totale (%) |
|-----------------------|-----------------------------|---------------------------|--|
| 0-5 m ² | 4.788,88 | 1.805,82 | 37,71 |
| 5-10 m ² | 7.495,78 | 1.919,11 | 25,60 |
| 10-100 m ² | 49.337,79 | 24.978,62 | 50,63 |
| > 100 m ² | 128.939,55 | 75.079,25 | 58,23 |
| Totale | 56.886,36 | 30.599,73 | 53,79 |

Tabella 56 - Ammontare del costo totale, del contributo e del rapporto tra contributo e costo totale nei vari range di superficie per valori medi pesati rispetto alla superficie installata.

6.2.4 Valore attuale netto (VAN)

Per ottenere una stima veritiera sui tempi di ritorno del nuovo impianto installato, si è proceduto come per il bando precedente con la creazione del foglio di calcolo utile alla compilazione dei tempi di ritorno attualizzati sempre distinguendo le due diverse prospettive, macroeconomica (3% e 4%) e finanziaria (4% e 5%), con l'unica differenza che consiste nel costo di gestione e manutenzione nel ciclo di vita, come visto nel *capitolo 5.3*, rispetto alla sostituzione delle caldaie a condensazione.

Nel primo caso e cioè nella previsione macroeconomica sono riportate nella *Tabella 57* e nella *Tabella 58*, dove si nota una maggiore differenza rispetto al caso della caldaia a condensazione se si considera o meno l'incentivo di Regione Lombardia, infatti, la variazione è del 30% circa, passando nel caso di attualizzazione al 3% da un tempo di ritorno di quasi 12 anni senza contributo ad un valore di 7 anni e 9 mesi con il contributo elargito.

Al contrario poco significativa è la variazione dovuta alle percentuali di attualizzazione e alla variazione del costo della CO₂, dove si nota che il valore medio rispetto alla superficie dei collettori è di 7 anni e 10 mesi con il contributo di Regione Lombardia e il ricavato dalle emissioni evitate di CO₂ a 10 € ogni t e con il 3% di tasso di attualizzazione, variazione di qualche mese, passando a 7 anni 4 mesi, con lo stesso tasso di attualizzazione del 3% ma con il pagamento di 40 € ogni t di CO₂. Di poco più alto con il tasso di attualizzazione del 4%, dove infatti è di 8 anni con la CO₂ a 10 € la t è di 7 anni e 8 mesi con la CO₂ a 40 € la t. Dai dati medi per fascia di potenza, si può osservare come aumentando la superficie dei collettori installati diminuisca il tempo di ritorno attualizzato (*Figura 23, Figura 24*).

| Range | Senza contributo | | | |
|-----------------------|--|--|--|--|
| | Tempo di ritorno attualizzato al 3% e CO ₂ a 10€ (anni) | Tempo di ritorno attualizzato al 3% e CO ₂ a 40€ (anni) | Tempo di ritorno attualizzato al 4% e CO ₂ a 10€ (anni) | Tempo di ritorno attualizzato al 4% e CO ₂ a 40€ (anni) |
| 0-5 m ² | 13,55 | 13,15 | 14,41 | 14,05 |
| 5-10 m ² | 12,68 | 12,28 | 13,47 | 13,10 |
| 10-100 m ² | 12,59 | 12,20 | 13,39 | 13,02 |

| | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| > 100 m ² | 9,01 | 8,40 | 9,29 | 8,64 |
| <i>Totale</i> | 11,95 | 11,51 | 12,64 | 12,20 |

Tabella 57 - Tempi di ritorno attualizzati per range di superficie senza contributo di Regione Lombardia e con 10€ e 40€ ogni t di CO₂ evitata, (prospettiva macroeconomica).

| Range | Con contributo | | | |
|-----------------------|--|--|--|--|
| | Tempo di ritorno attualizzato al 3% e CO ₂ a 10€ (anni) | Tempo di ritorno attualizzato al 3% e CO ₂ a 40€ (anni) | Tempo di ritorno attualizzato al 4% e CO ₂ a 10€ (anni) | Tempo di ritorno attualizzato al 4% e CO ₂ a 40€ (anni) |
| 0-5 m ² | 9,31 | 8,71 | 9,59 | 9,23 |
| 5-10 m ² | 10,08 | 9,45 | 10,41 | 10,05 |
| 10-100 m ² | 7,43 | 7,09 | 7,62 | 7,28 |
| > 100 m ² | 4,46 | 4,21 | 4,54 | 4,28 |
| <i>Totale</i> | 7,82 | 7,37 | 8,04 | 7,71 |

Tabella 58 - Tempi di ritorno attualizzati per range di superficie con contributo di Regione Lombardia e con 10€ e 40€ ogni t di CO₂ evitata, (prospettiva macroeconomica).

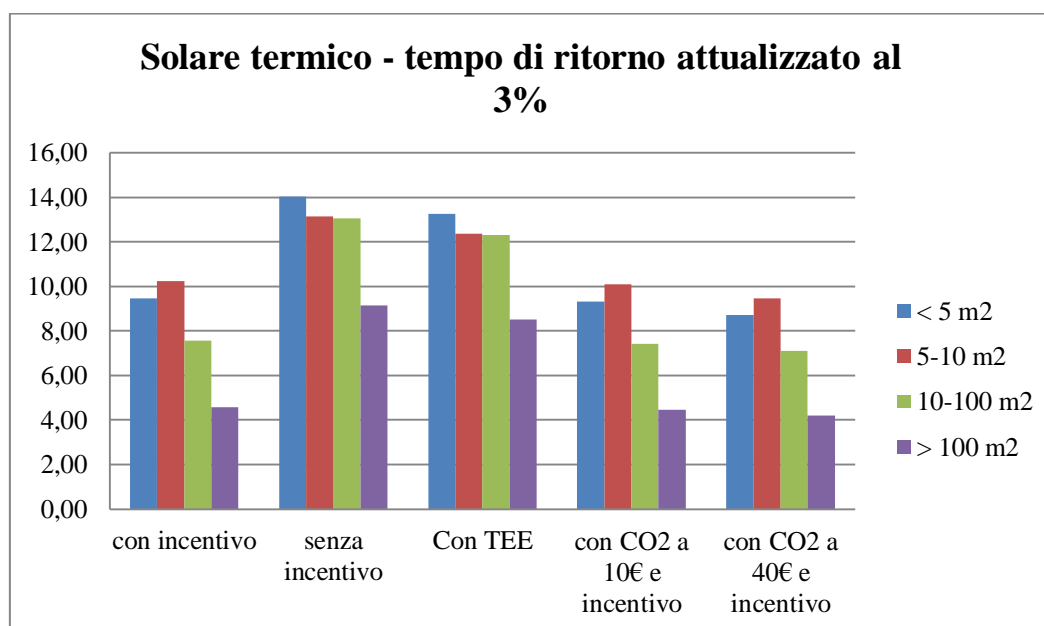


Figura 23 - Schema riassuntivo dei tempi di ritorno attualizzati al 3% suddivisi per range di superficie nel caso dell'impianto solare termico

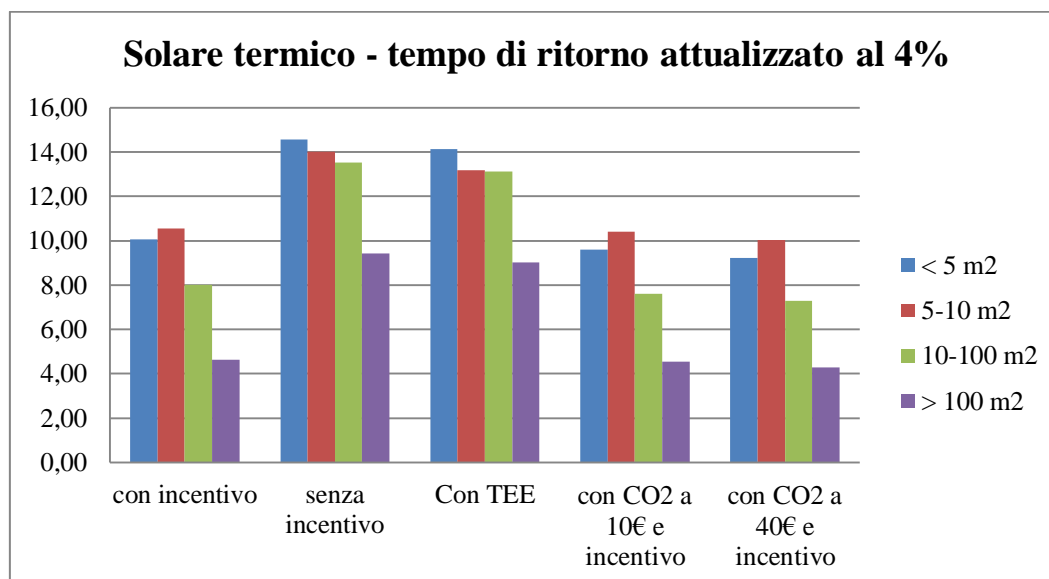


Figura 24 - Schema riassuntivo dei tempi di ritorno attualizzati al 4% suddivisi per range di superficie nel caso dell'impianto solare termico

Non cambia di molto la situazione per quanto riguarda la prospettiva finanziaria dove cioè si considera un confronto tra tassi di attualizzazione del 4% e 5%.

In questo caso specifico i tempi di ritorno per l'installazione del sistema solare termico si riducono ancora leggermente come riportato nella *Tabella 59* dove il valore medio rispetto alla superficie installata è di 8 anni e 3 mesi con l'incentivo mentre è di 12 anni e 11 mesi senza incentivo con tasso di attualizzazione del 4%; leggermente superiori i valori se si attualizza ad un tasso di interesse del 5%, infatti con incentivo il tempo di ritorno è di 8 anni e 6 mesi mentre senza è di 13 anni e 10 mesi.

| Range | Tempo di ritorno attualizzato al 4% senza contributo (anni) | Tempo di ritorno attualizzato al 4% con contributo (anni) | Tempo di ritorno attualizzato al 5% senza contributo (anni) | Tempo di ritorno attualizzato al 5% con contributo (anni) |
|-----------|---|---|---|---|
| 0-5 m2 | 14,55 | 10,05 | 16,04 | 10,35 |
| 5-10 m2 | 14,03 | 10,55 | 15,02 | 11,25 |
| 10-100 m2 | 13,53 | 8,02 | 14,42 | 8,24 |
| > 100 m2 | 9,43 | 4,64 | 10,06 | 4,71 |
| Media | 12,88 | 8,31 | 13,88 | 8,64 |

Tabella 59 - Tempi di ritorno attualizzati per range di potenza con e senza contributo per la prospettiva finanziaria

Si può quindi notare analizzando le due previsioni con un tempo di ritorno attualizzato al 4% quanto vada ad incidere in media l'incentivo di regione Lombardia sul tempo di ritorno dell'investimento, migliorando la situazione di circa il 35% passando da una media di 12,88 anni a 8,31. Come meglio rappresentato nella *Figura 25* per tutte le varie fasce di superficie analizzata.

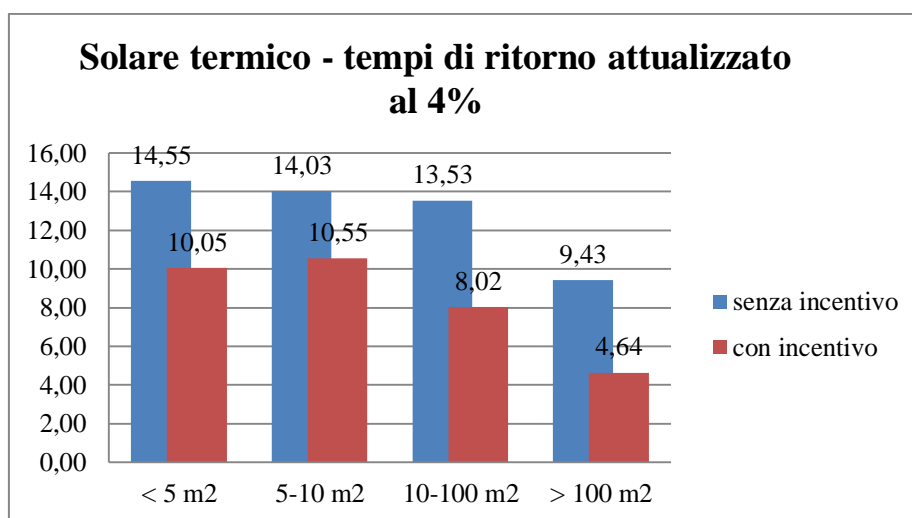


Figura 25 - Schema riassuntivo dei tempi di ritorno attualizzati al 4% per range di superficie con e senza incentivo nel caso dell'impianto solare termico

7 Approfondimenti e considerazioni

I dati sono stati suddivisi in fasce rispetto alla potenza (kW) per le caldaie a condensazione e rispetto alla superficie (m²) per il solare termico.

Per l'individuazione delle fasce di potenza per le caldaie a condensazione sono state riprese quelle previste dalla modalità di incentivazione (vedi *cap. 4.1*) ovvero: 35-200kW; 200-500 kW e >500 kW. Per il solare termico gli intervalli di superficie sono stati individuati in funzione di differenti scale di intervento relativamente alle caratteristiche dimensionali e alla complessità dell'impianto (vedi *cap. 4.2*). Le fasce individuate sono quattro: <5 m², da 5 a 10 m²; da 10 a 100 m² e >100 m².

I dati sono poi stati analizzati da due differenti punti di vista: quello della pubblica amministrazione da un lato e quello dell'investitore (privato o pubblico a seconda degli interventi) dall'altro. In particolare per il primo è stato valutato l'onere dell'esborso, rappresentato dal contributo, per l'ottenimento dei benefici energetico-ambientali ovvero del risparmio delle emissioni di energia primaria fossile e la quantità di CO₂ evitata. Per il secondo il beneficio economico valutato attraverso la riduzione del tempo di ritorno dell'investimento.

Nel caso della pubblica amministrazione i valori significativi sono:

- contributo per kW (€/kW), ovvero il valore che indica il prezzo unitario in € di ogni kW in rapporto al contributo erogato da Regione;
- contributo per energia primaria (€/TEP), che indica il prezzo unitario in € di ogni TEP risparmiata in rapporto al contributo di Regione;
- contributo per t CO₂-eq (€/t), dato che indica il prezzo unitario in € alla t di CO₂ risparmiata.

Per il privato invece i dati salienti sono:

- il valore, in anni, sul tempo di ritorno dell'investimento che prevede anche il contributo di Regione e il pagamento delle emissioni di CO₂ evitate;
- il costo medio specifico di un impianto (€/kW , €/m²), ovvero il costo unitario della tecnologia installata (caldaia ad alta efficienza o solare termico).

Mentre, l'incidenza dell'incentivo è dato interessante per entrambe gli attori, utile a comprendere in che quantità e in che fascia di range l'incentivo ha un'influenza maggiore.

Per rafforzare l'analisi dei dati ed, in particolare, verificare i risultati, oltre all'analisi sui dati complessivi, è stata fatta una valutazione sulle medie pesate in funzione della potenza per le caldaie a condensazione e della superficie installata per i collettori solari termici.

Sulla totalità dei bandi analizzati l'energia primaria evitata ammonta a 109.302 TEP, rispettivamente 72.927 TEP per le caldaie a condensazione e 36.375 TEP per il solare termico.

La CO₂ evitata ammonta a 624.053 t, rispettivamente 522.301 t per le caldaie a condensazione e 101.752 t per il solare termico.

7.1 Sostituzione delle caldaie a gasolio con quelle a gas naturale

I dati ottenuti dalle analisi sui valori complessivi sono riportate in *Tabella 60* e in *Figura 26*, in particolare si è cercato di evidenziare i dati relativi alla pubblica amministrazione e quelli relativi all'investitore.

I dati nei grafici sono normalizzati rispetto al valore massimo di ogni parametro così da ottenere il "peso" di ognuno di essi. In questo modo è possibile avere una visualizzazione comparativa dei risultati dei differenti criteri analizzati per i differenti range.

| COMPLESSIVI | Impianti | Potenza installata | Costo totale | Contributo | Energia primaria evitata | Emissioni CO _{2-eq} evitate | Pubblica amministrazione | | | Privato | | |
|-------------|----------|--------------------|--------------|------------|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------------------|
| | | | | | | | Contributo per kW | Contributo per energia primaria | Contributo per t CO _{2-eq} | Contributo /costo totale | Costo medio specifico | DPB medio (con / senza contributo) |
| | | | | | | | €/kW | €/TEP | €/t | % | €/kW | anno |
| n° | MW | € | € | TEP | t | | | | | | | |
| 35-200 kW | 463 | 63 | 11.542.684 | 1.308.411 | 15.665 | 112.113 | 21 | 83,5 | 11,7 | 11,3 | 183,4 | 3,37 / 3,72 |
| 200-500 kW | 505 | 155 | 19.459.605 | 2.740.560 | 35.964 | 257.881 | 18 | 76,2 | 10,6 | 14,1 | 125,2 | 2,30 / 2,64 |
| > 500 kW | 131 | 119 | 9.788.055 | 1.556.315 | 21.299 | 152.308 | 13 | 73,1 | 10,2 | 15,9 | 81,9 | 1,84 / 2,26 |

Tabella 60 - Dati complessivi sugli interventi di diffusione delle caldaie a condensazione suddivise per range di potenza

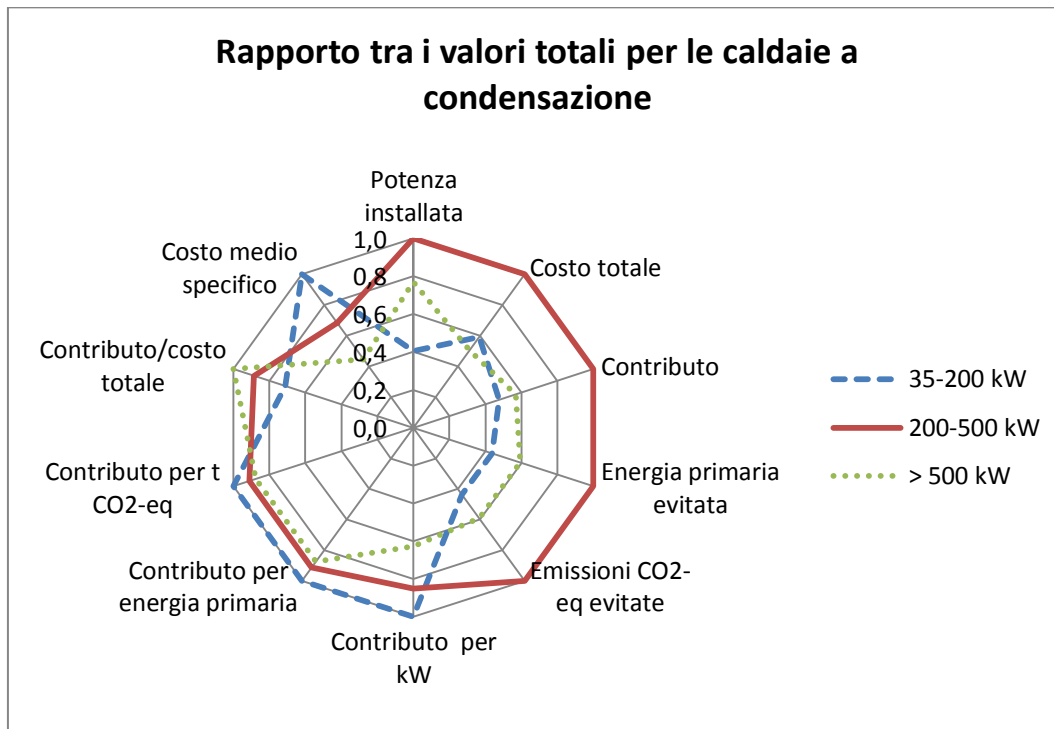


Figura 26 - Valori complessivi dell'intervento di incentivazione sulla diffusione delle caldaie a condensazione suddivisi per range di potenza

Nella seguente Tabella 61 e nel Figura 27 sono riportati i dati medi pesati in funzione della potenza delle caldaie a condensazione, suddivisi per range di potenza.

| MEDIE PESATE | Impianti | Potenza installata | Costo totale | Contributo | Energia primaria evitata | Emissioni CO ₂ -eq evitate | Pubblica amministrazione | | | Contributo /costo totale | Privato | |
|--------------|----------|--------------------|--------------|------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------------------|
| | | | | | | | Contributo per kW | Contributo per energia primaria | Contributo per t CO ₂ -eq | | Costo medio specifico | DPB medio (con / senza contributo) |
| | | | | | | | €/kW | €/TEP | €/t | | €/kW | anno |
| 35-200 kW | 463 | 136 | 26.333 | 3.075 | 36,9 | 264,3 | 23 | 83,3 | 11,6 | 11,7 | 193,7 | 3,37 / 3,72 |
| 200-500 kW | 505 | 308 | 39.627 | 5.685 | 75,4 | 540,8 | 18 | 75,4 | 10,5 | 14,3 | 128,8 | 2,30 / 2,64 |
| > 500 kW | 131 | 912 | 90.677 | 14.656 | 201,9 | 1.453,0 | 16 | 72,6 | 10,1 | 16,2 | 99,4 | 1,84 / 2,26 |

Tabella 61 - Analisi su valori medi pesati rispetto alla potenza installata per le caldaie a condensazione

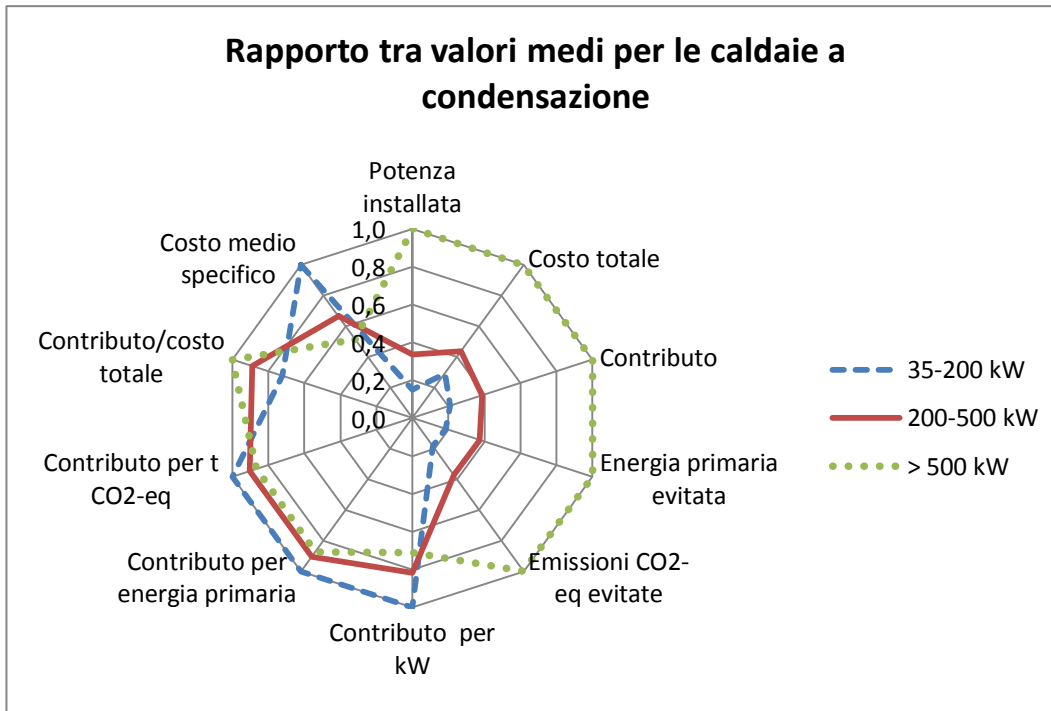


Figura 27 - Rappresentazione grafica dei valori medi pesati rispetto alla potenza installata per le caldaie a condensazione (i dati sono riportati nella Tabella 60)

In Tabella 60 è possibile osservare che la maggior parte del contributo concesso dalla pubblica amministrazione, ovvero il 49%, è stato impegnato per la fascia di potenza intermedia (200-500 kW); mentre per singolo intervento il contributo medio più consistente è stato concesso per la fascia di potenza maggiore (>500 kW). Infatti mentre per il range di potenza 35-200 kW si ha un valore medio pesato di circa 3.000 € e per la fascia 200-500 kW di 5.685 €, per la fascia di potenza maggiore si raggiunge un valore medio di 14.656 €.

Le ultime analisi sono state improntate sulla suddivisione dei valori utili per la pubblica amministrazione e per il privato.

I dati utili alla pubblica amministrazione sono quelli energetico-ambientali nel ciclo di vita della caldaia (15 anni) e il relativo rapporto con il contributo elargito, da cui emerge che per la sostituzione delle caldaie a gasolio con caldaie a condensazione il risparmio di energia primaria ammonta a 72.927 TEP e a fronte di un incentivo elargito pari a 5.605.285 €, il rapporto che se ne ricava è di 76 € ogni TEP evitata. La quantità di CO_{2-eq} risparmiata è 522.301 t con un valore di spesa rispetto al contributo di 10,70 €/t CO₂ evitata. In tutti i casi i valori hanno una minima variazione se riferiti ai relativi range di potenza. Infatti, se si

considera il contributo corrisposto per ogni TEP risparmiata si osserva che per la fascia minore (35-200 kW) il dato è di 83,52 €/TEP, per la fascia intermedia (200-500 kW) è di 76,20 €/TEP mentre per la fascia di maggior potenza (>500 kW) è di 73,07 €/TEP, ottenendo una variazione del 12,6% tra la condizione migliore e quella peggiore.

Simile è il divario per il rapporto tra contributo corrisposto e le tonnellate di CO_{2-eq} evitate, infatti, si passa dagli 11,67 €/t per la fascia dei 35-200 kW, a 10,63 €/t per la fascia 200-500 kW e 10,22 €/t per la fascia >500 kW, con variazione percentuale massimo del 12,4%.

Osservando i dati dal punto di vista dell'investitore, i dati significativi sono i dati economici del costo sostenuto e del tempo di ritorno dell'investimento iniziale. Dai dati disponibili emerge che, a fronte di un investimento complessivo di 40.790.343 € rapportato con la potenza totale installata di 337.808 kW, il valore del singolo kW è di 120 € senza incentivo e di 104 € con l'incentivo di Regione Lombardia, con un'incidenza media del contributo pari al 13,7%. Rilevante per l'investitore la suddivisione in range di potenza nella quale emerge come all'aumentare della potenza installata, il costo unitario di mercato diminuisca ulteriormente grazie all'aumento della consistenza della somma offerta dall'incentivazione regionale, passando da 162,63 €/kW per il range 35-200 kW, 107,59 €/kW per il range 200-500 kW e 68,90 €/kW per il range >500 kW.

Anche i tempi di ritorno sono proporzionati rispetto all'aumentare della potenza installata infatti si passa da 3 anni e 4 mesi (35-200 kW) a 1 anno e 10 mesi (>500 kW) con l'incentivo di Regione, il quale ha un'influenza di circa il 16%.

Da questi dati si può desumere che, sia per l'investitore che per la pubblica amministrazione, il maggiore beneficio si ha sulla fascia di potenza più alta come riassunto nella *Tabella 62*.

L'efficienza energetico-ambientale e misure di incentivazione

| Range | Potenza installata | Contributo corrisposto | Costo totale | Pubblica amministrazione | | | | Privato | | | | incidenza dell'incentivo | |
|------------|--------------------|------------------------|---------------|--------------------------------------|----------------------------------|---|------------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | | | | Emissioni evitate CO _{2-eq} | Energia primaria fossile evitata | Contributo corrisposto / t CO _{2-eq} | Contributo corrisposto / TEP | Costo totale / TEP | Costo scontato / TEP | Costo di ogni kW installato | Costo scontato di ogni kW installato | | DPB con / senza incentivo |
| | kW | € | € | t | TEP | €/t | €/TEP | €/TEP | €/TEP | €/kW | €/kW | anni | % |
| 35-200 kW | 62.935,00 | 1.308.411,30 | 11.542.683,91 | 112.112,93 | 15.664,94 | 11,67 | 83,52 | 736,85 | 653,32 | 183,41 | 162,62 | 3,37 / 3,72 | 11,34 |
| 200-500 kW | 155.397,00 | 2.740.559,50 | 19.459.605,05 | 257.881,28 | 35.963,76 | 10,63 | 76,20 | 541,09 | 464,89 | 125,23 | 107,59 | 2,30 / 2,64 | 14,08 |
| >500 kW | 119.476,10 | 1.556.315,00 | 9.788.054,68 | 152.307,61 | 21.298,87 | 10,22 | 73,07 | 459,56 | 386,49 | 81,92 | 68,90 | 1,84 / 2,26 | 15,90 |
| totale | 337.808,10 | 5.605.285,80 | 40.790.343,64 | 522.301,81 | 72.927,57 | 10,73 | 76,86 | 559,33 | 482,47 | 120,75 | 104,16 | 2,50 / 2,87 | 13,74 |

Tabella 62 - Tabella divisa per range di potenza con l'indicazione dei dati utili alla pubblica amministrazione ed al privato

7.2 Diffusione di impianti a energia solare

I dati ottenuti dalle analisi sui valori complessivi sono riportate in *Tabella 63* e in *Figura 28*, in particolare si è cercato di evidenziare i dati relativi alla pubblica amministrazione e quelli relativi all'investitore. I dati nei grafici sono normalizzati rispetto al valore massimo di ogni parametro così da ottenere il "peso" di ognuno di essi. In questo modo è possibile avere una visualizzazione comparativa dei risultati dei differenti criteri analizzati per i differenti range.

| COMPLESSIVI | Impianti | Potenza installata | Superficie installata | Costo totale | Contributo | Energia primaria evitata | Emissioni CO _{2eq} evitate | Pubblica amministrazione | | | | Investitore | |
|-----------------------|----------|--------------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| | | | | | | | | Contributo per kW | Contributo per energia primaria | Contributo per t CO _{2eq} | Contributo/costo totale | Costo medio specifico | DPB medio (con / senza contributo) |
| | | | | | | | | €/kW | €/TEP | €/t | % | €/kW - €/m ² | anno |
| | n° | MW | m ² | € | € | TEP | t | | | | | | |
| <5 m ² | 409 | 1,1 | 1.578 | 1.952.003 | 723.944 | 3.303 | 9.241 | 655 | 219 | 78 | 37,1 | 1767 - 1237 | 10,05 / 14,55 |
| 5-10 m ² | 358 | 1,8 | 2.556 | 2.634.200 | 687.392 | 4.817 | 13.475 | 384 | 142,7 | 51,0 | 26,1 | 1472 - 1031 | 10,55 / 14,03 |
| 10-100 m ² | 364 | 7,2 | 10.336 | 10.847.868 | 5.094.432 | 20.175 | 56.436 | 704 | 252,5 | 90,3 | 47,0 | 1499 - 1050 | 8,02 / 13,53 |
| >100 m ² | 23 | 2,8 | 3.976 | 2.852.941 | 1.524.885 | 8.079 | 22.600 | 548 | 188,7 | 67,5 | 53,4 | 1025 - 718 | 4,64 / 9,43 |

Tabella 63 - Dati complessivi sugli interventi di diffusione degli impianti solari termici suddivise per range di superficie installata

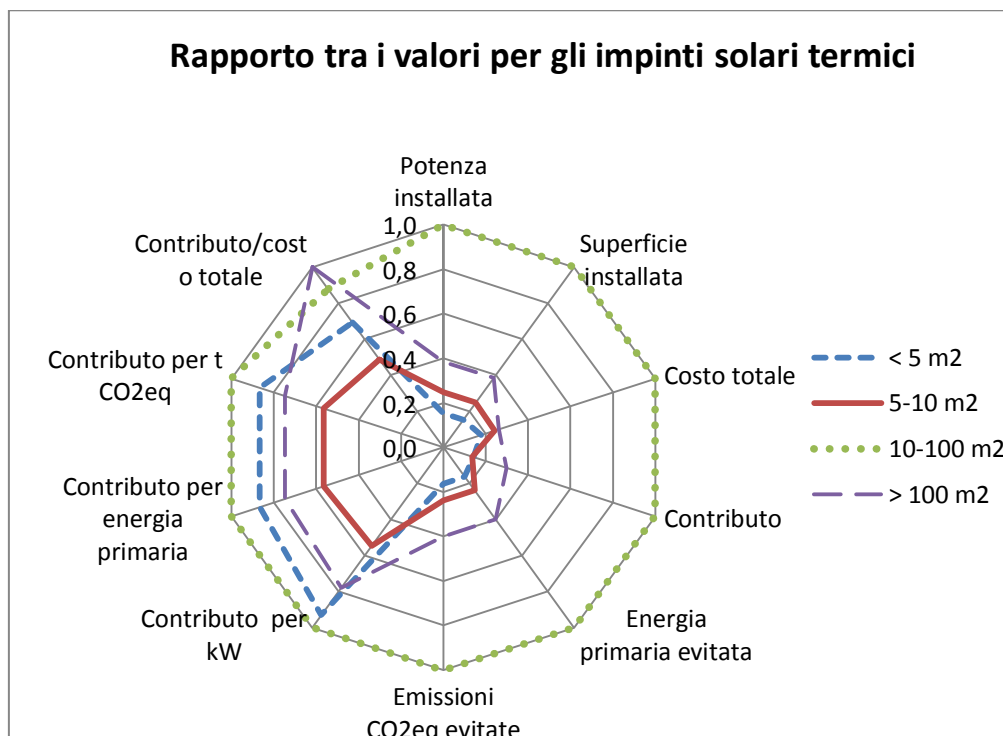


Figura 28 - Valori complessivi dell'intervento di incentivazione sulla diffusione degli impianti solari termici suddivisi per range di superficie installata

Nella seguente *Tabella 64* e nel *Figura 29* sono riportati i dati medi pesati in funzione della superficie installata dei collettori solari termici, suddivisi per range di superficie.

| MEDIE PESATE | Impianti | Potenza installata | Superficie installata | Costo totale | Contributo | Energia primaria evitata | Emissioni CO _{2eq} evitate | Pubblica amministrazione | | | | Investitore | |
|-----------------------|----------|--------------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| | | | | | | | | Contributo per kW | Contributo per energia primaria | Contributo per t CO _{2eq} | Contributo /costo totale | Costo medio specifico | DPB medio (con / senza contributo) |
| | | | | | | | | €/kW | €/TEP | €/t | % | €/kW - €/m ² | anno |
| n° | kW | m ² | € | € | TEP | t | | | | | | | |
| < 5 m ² | 409 | 2,8 | 4,0 | 4.789 | 1.806 | 8,3 | 23,3 | 644 | 217 | 78 | 37,7 | 1707 - 1195 | 10,05 / 14,55 |
| 5-10 m ² | 358 | 5,2 | 7,4 | 7.496 | 1.919 | 13,8 | 38,7 | 373 | 139 | 50 | 25,6 | 1455 - 1018 | 10,55 / 14,03 |
| 10-100 m ² | 364 | 29,4 | 41,9 | 49.338 | 24.979 | 81,0 | 226,6 | 851 | 308 | 110 | 50,6 | 1680 - 1076 | 8,02 / 13,53 |
| > 100 m ² | 23 | 140,5 | 200,7 | 128.940 | 75.079 | 397,6 | 1.112,3 | 535 | 189 | 67 | 58,2 | 917 - 642 | 4,64 / 9,43 |

Tabella 64 - Dati medi pesati in funzione delle superficie installata sugli interventi di diffusione degli impianti solari termici suddivise per range

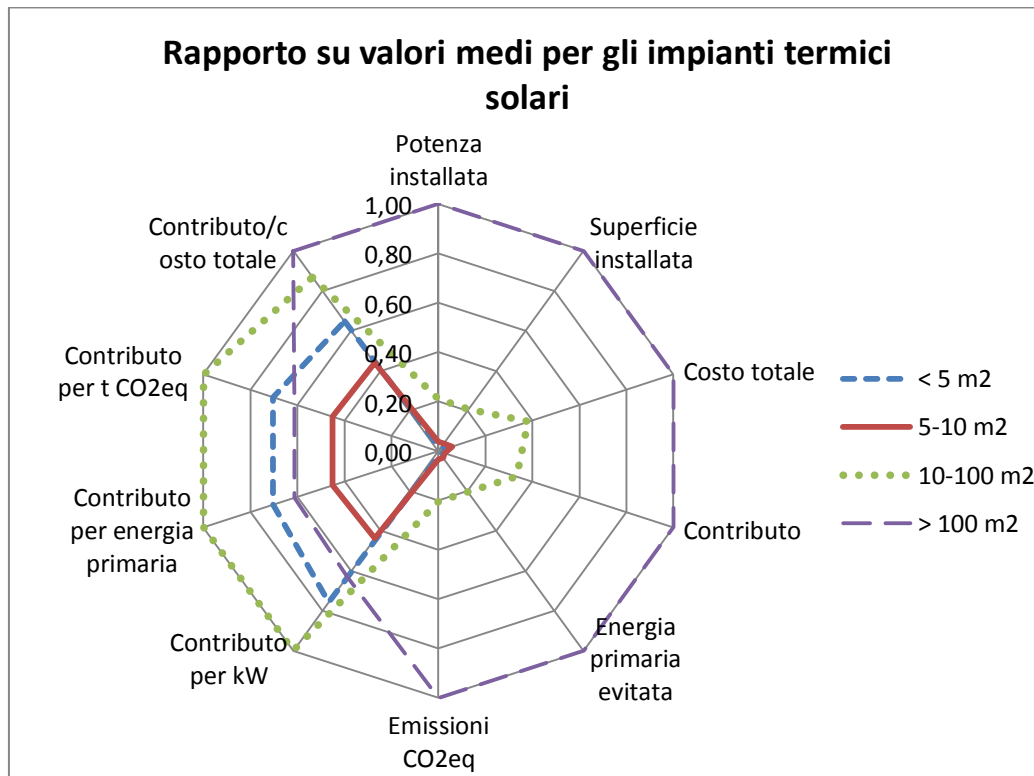


Figura 29 - Valori medi pesati in funzione della superficie installata dell'intervento di incentivazione sulla diffusione degli impianti solari termici suddivisi per range

In *Tabella 63* è possibile osservare che la maggior parte del contributo concesso dalla pubblica amministrazione, ovvero circa il 60%, è stato impegnato per la

fascia di superficie pari a 10-100 m²; mentre per singolo intervento il contributo medio più consistente è stato concesso per la fascia di superficie maggiore (>100 m²). Infatti mentre per il range di superficie <5 m² si ha un valore medio pesato di circa 1.800 € e per la fascia 5-10 m² di 1.920 €, per la fascia 10-100 m² un valore di 24.980 € e per la fascia di superficie maggiore si raggiunge un valore medio di 75.080 €.

I valori che indicano il costo unitario hanno un andamento crescente eccetto per la fascia con superficie installata 5-10 m². Si passa, infatti, dal range di fascia minore (<5m²) in cui il prezzo unitario è di 1.707 €/kW riferito alla potenza e 1.195 €/m², nella fascia 5-10 m² 1.445 €/kW e 1.118 €/m², nel range di fascia 10-100 m² 1.680 €/kW e 1.078 €/m² e nella fascia con la superficie maggiore (>100 m²) il prezzo unitario è di 917 €/kW e 642€/m², con un divario che sia aggira quindi intorno al 46 %.

Le ultime analisi sono state improntate, come detto, sulla suddivisione dei valori utili per la pubblica amministrazione e per l'investitore, come fatto in precedenza per le caldaie a condensazione.

I dati utili alla pubblica amministrazione sono quelli energetico-ambientali nel ciclo di vita della tecnologia solare termica (20 anni) e il relativo rapporto con il contributo elargito, da cui emerge che per l'installazione di impianti solari termici il risparmio di energia primaria ammonta a 36.375 TEP e a fronte di un incentivo elargito pari a 8.030.663 € il rapporto che se ne ricava è di 220 € ogni TEP evitata; mentre la quantità di CO_{2-eq} risparmiata è 101.752 t con un rapporto rispetto al contributo di 78,90 € ogni t evitata.

I dati significativi per l'investitore sono essenzialmente quelli di valore economico ovvero il costo dell'intervento e il tempo di ritorno dell'investimento iniziale. A fronte di un investimento complessivo di 18.287.012 € rapportato con la superficie totale installata di 18.445 m², il valore del singolo m² è di 990 € senza incentivo e 556 € con l'incentivo di Regione, con un'incidenza del contributo del 44 %. Decisamente rilevante per l'investitore la suddivisione in range di potenza nella quale emerge chiaramente come all'aumentare della potenza installata diminuisca il costo unitario di ogni singolo m².

| Range | superficie installata | Contributo corrisposto | Costo totale | Pubblica amministrazione | | | | Investitore | | | | incidenza dell'incentivo | |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|---------------|--------------------------------------|----------------------------------|---|------------------------------|--------------------|----------------------|---|--|--------------------------|---------------------------|
| | | | | Emissioni evitate CO _{2-eq} | Energia primaria fossile evitata | Contributo corrisposto / t CO _{2-eq} | Contributo corrisposto / TEP | Costo totale / TEP | Costo scontato / TEP | Costo di ogni m ² installato | Costo scontato di ogni m ² installato | | DPB con / senza incentivo |
| | | | | t | TEP | €/t | €/TEP | €/TEP | €/TEP | €/m ² | €/m ² | | anni |
| <5 m ² | 1.577,97 | 723.943,96 | 1.952.003,45 | 9.240,56 | 3.303,39 | 78,34 | 219,15 | 590,91 | 371,76 | 1.237,04 | 778,25 | 10,05 / 14,55 | 37,09 |
| 5-10 m ² | 2.555,72 | 687.392,44 | 2.634.199,63 | 13.475,20 | 4.817,23 | 51,01 | 142,69 | 546,83 | 404,13 | 1.030,71 | 761,74 | 10,55 / 14,03 | 26,09 |
| 10-100 m ² | 10.336,10 | 5.094.432,18 | 10.847.868,24 | 56.436,10 | 20.175,25 | 90,27 | 252,51 | 537,68 | 285,17 | 1.049,51 | 556,64 | 8,02 / 13,53 | 46,96 |
| >100 m ² | 3.975,67 | 1.524.884,97 | 2.852.940,94 | 22.600,17 | 8.079,30 | 67,47 | 188,74 | 353,12 | 164,38 | 717,60 | 334,05 | 4,64 / 9,43 | 53,45 |
| totale | 18.445,46 | 8.030.653,55 | 18.287.012,26 | 101.752,02 | 36.375,16 | 78,92 | 220,77 | 502,73 | 281,96 | 991,41 | 556,04 | 8,31 / 12,88 | 43,91 |

Tabella 65 - Tabella divisa per range di potenza con l'indicazione dei dati utili alla pubblica amministrazione e all'investitore

7.3 I due interventi d'incentivazione a confronto

A fronte di un investimento d'incentivazione da parte di Regione Lombardia più basso per le caldaie a condensazione alimentate a metano rispetto al solare termico, ovvero 5 milioni e mezzo di € contro gli 8 milioni di €, si evince che sia le emissioni evitate di CO₂ che le TEP risparmiate sono quantitativamente maggiori per le caldaie a condensazione. Infatti per quest'ultime si hanno 522.301 tCO₂ evitate e 72.927 TEP, mentre per i sistemi solari termici si ha complessivamente 101.752 tCO₂ evitate e 36.375 TEP, corrispondenti rispettivamente ad 1/5 circa di emissioni di CO₂ e 1/2 di TEP rispetto alle caldaie.

Come visto in precedenza anche i tempi di ritorno sono inferiori per il caso delle caldaie a condensazione alimentate a gas naturale rispetto agli impianti solari termici e questo porta a dire che complessivamente su entrambi i fronti, all'interno di questo bando di incentivazione, la tecnologia che ha riscontrato un maggior successo è stata la sostituzione della caldaia a gasolio con altre caldaie più efficienti alimentate a gas naturale.

Dal punto di vista della pubblica amministrazione i dati che rendono decisamente più conveniente l'investimento sono quelli relativi al valore unitario del contributo corrisposto elargito per ogni t di CO_{2-eq} risparmiata, dove si nota, come per la sostituzione della caldaia la spesa media è stata di 10,73 €/t contro i 78,92 €/t nel caso dell'impianto solare termico, con una differenza quindi dell'87%. La stessa considerazione, anche se con una differenza più contenuta (65 %), si ha

rapportando il contributo elargito da regione con l'energia primaria fossile risparmiata, dove emerge che il prezzo per ogni singola TEP evitata è di 76,86 € per il processo di metanizzazione contro i 220,77 € per gli impianti solari termici. Il confronto tra i due parametri analizzati nei due differenti bandi porta alla luce come le caldaie a condensazione siano una tecnologia affermata per la salvaguardia ambientale e consentano di ottenere benefici ed ottimizzazioni economiche sia dal punto di vista delle emissioni evitate che del risparmio delle risorse (Tabella 66, Figura 30).

| Pubblica amministrazione | Contributo corrisposto | Emissioni evitate CO ₂ -eq | Energia primaria fossile evitata | Contributo corrisposto per t CO ₂ -eq | Contributo corrisposto per TEP |
|---------------------------------|------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--|--------------------------------|
| | € | t | TEP | €/t | €/TEP |
| Metano | 5.605.285,80 | 522.301,81 | 72.927,57 | 10,73 | 76,86 |
| Solare | 8.030.653,55 | 101.752,02 | 36.375,16 | 78,92 | 220,77 |

Tabella 66 - Tabella riassuntiva dei dati totali dei costi, dell'energia primaria fossile evitata e delle emissioni di CO₂ evitate per le due tipologie di bando per la pubblica amministrazione

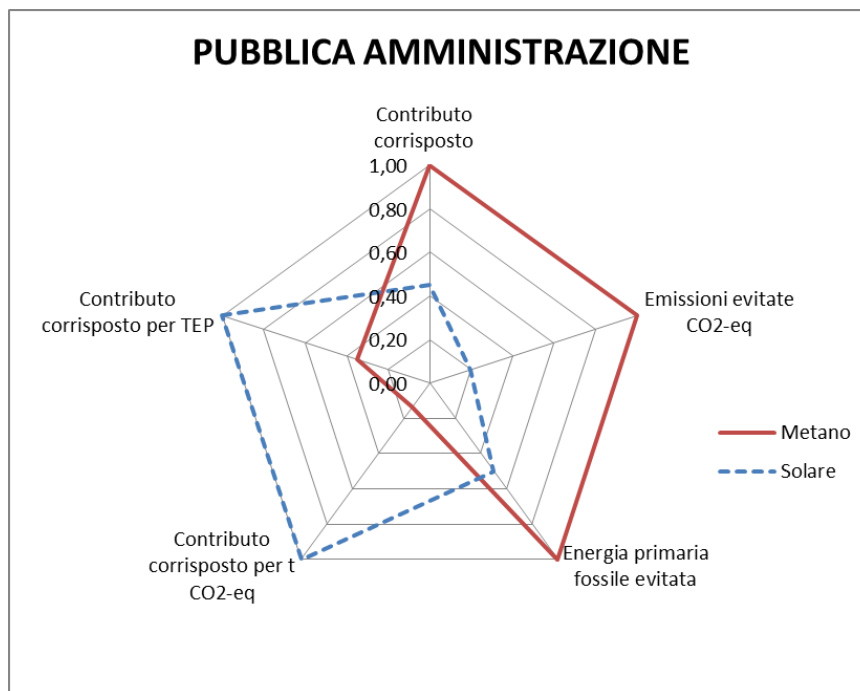


Figura 30 - Grafico di confronto tra solare e metano con le caratteristiche utili alla pubblica amministrazione

Analizzando i dati dal punto di vista dell'investitore si nota che l'incidenza del contributo unitario elargito da Regione Lombardia è maggiore nei bandi riguardanti il solare termico, con un'incidenza percentuale media del 44% sul costo di mercato. Tale incidenza nell'ambito della metanizzazione è pari al 13,7%. Dal punto di vista dell'investitore e quindi osservando i valori del tempo di ritorno i contributo dell'incentivazione è decisamente più significativo nel caso di incentivazione dei sistemi solari termici. Infatti in questo caso il tempo di ritorno è mediamente quantificabile in 4 anni mentre nel caso delle caldaie a condensazione è di qualche mese (come meglio specificato nel *cap.6.2*).

| | €/unitario | Costo specifico | Costo specifico scontato | Incidenza del contributo | DPB senza / con incentivo |
|--------|------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Metano | €/kW | 120,75 | 104,16 | 13,74 | 2,87 / 2,50 |
| Solare | €/m ² | 991,41 | 556,04 | 43,91 | 12,88 / 8,31 |

Tabella 67 - Tabella riassuntiva dei dati significativi per l'investitore nelle due tipologie di bando

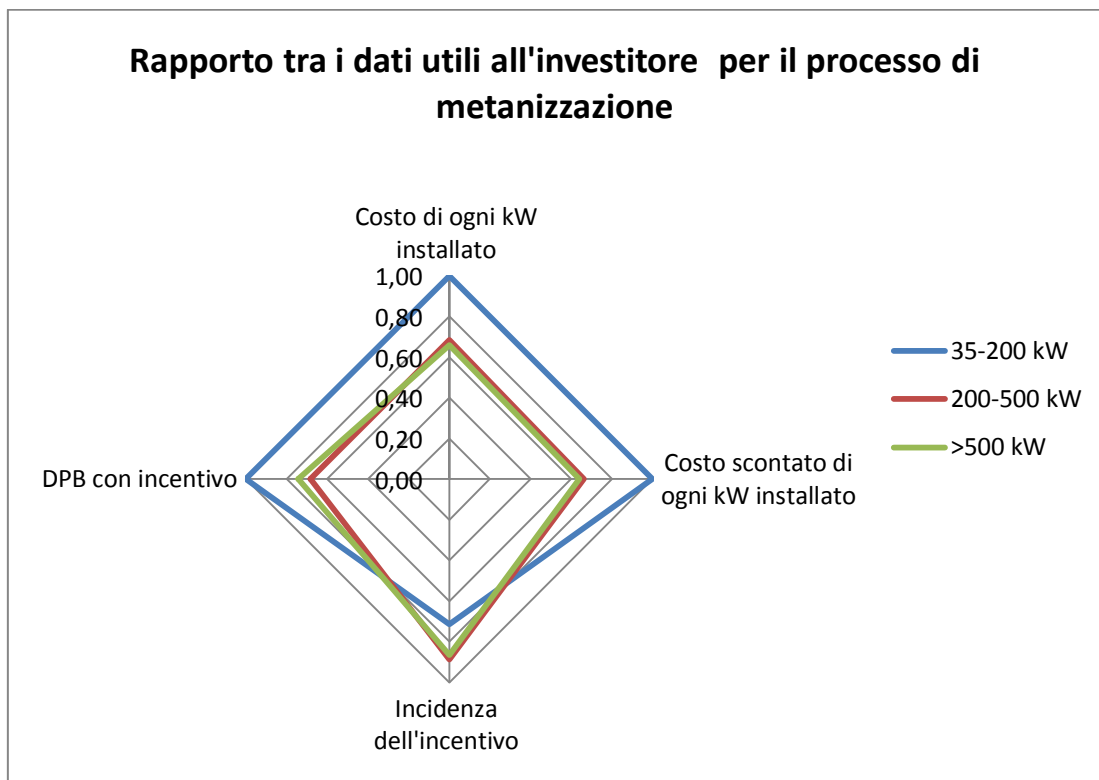


Figura 31 – Grafico che meglio esprime i rapporti tra i dati, divisi in range di potenza, visti nella tabella precedente

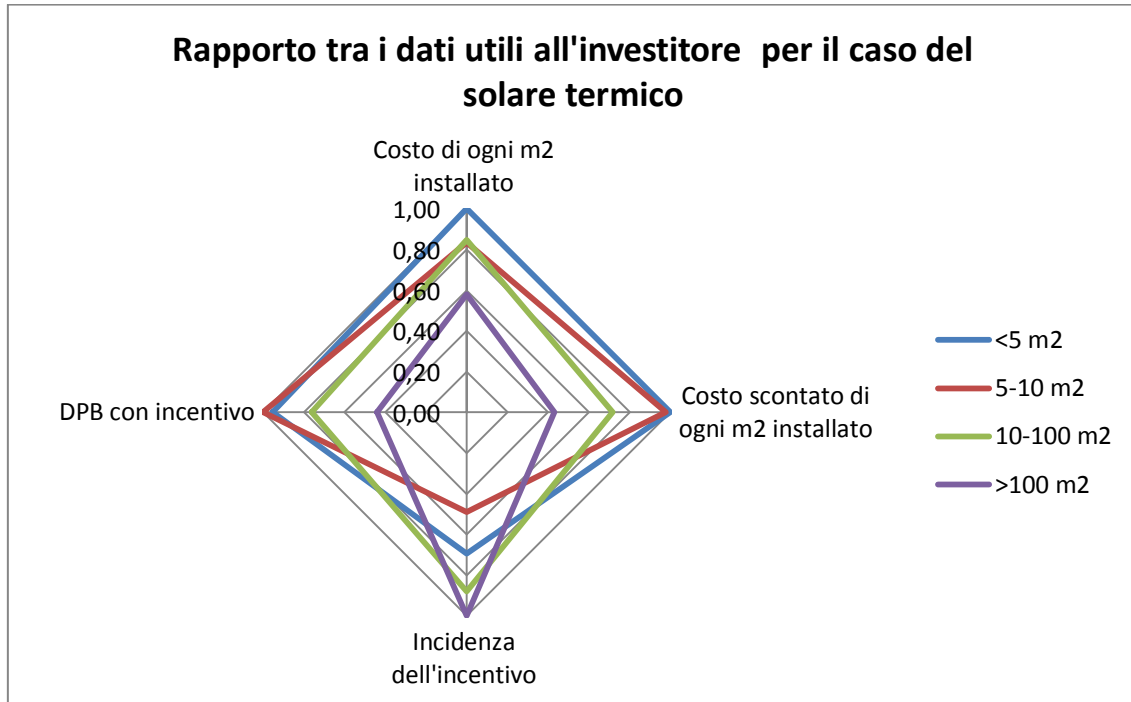


Figura 32 - Grafico che meglio esprime i rapporti tra i dati, divisi in range di superficie, visti nella tabella precedente

Conclusioni

Negli ultimi anni le politiche energetiche sono diventate sempre più ambiziose sotto la pressione dell'evoluzione del mercato dell'energia. Da un lato, le politiche energetiche comportano oneri per la pubblica amministrazione, d'altra parte, i programmi su scala locale rappresentano un elemento importante per accelerare il processo verso un modello energetico più sostenibile.

In questa tesi sono trattati l'analisi e il monitoraggio di due degli interventi sovvenzionati dalla Regione Lombardia nell'ambito dell'"Accordo di Programma Quadro in materia di Ambiente ed Energia", ovvero la sostituzione delle caldaie a gasolio con caldaie a gas naturale ad alta efficienza, in particolare quelle a condensazione, e l'installazione di sistemi solari termici.

Sebbene in alcuni casi i contributi d'incentivazione potrebbero non essere così efficaci come previsto, o appropriati quando applicati ad una tecnologia matura, possono comunque svolgere un ruolo importante nello stimolare un processo graduale d'integrazione di tecnologie meno efficienti e, più in generale, per affrontare un processo di evoluzione che il mercato stesso non può gestire in tempi rapidi, per la presenza di diversi tipi di barriere, non esclusivamente di tipo economico.

E' indiscutibile che l'efficienza energetica deve essere affrontata con le politiche di promozione ed incentivazione, perché le strategie "business as usual" semplicemente non sono abbastanza efficaci rispetto agli ambiziosi obiettivi energetici e ambientali, come quelli presenti oggi a scala globale. È un dato di fatto che questi obiettivi devono essere raggiunti con risorse economiche limitate ed in un tempo relativamente breve.

La rapida evoluzione degli standard di efficienza che sta avvenendo a livello europeo richiede soluzioni sempre più diffuse a livello territoriale ed integrate dal punto di vista tecnologico. Quindi, il focus di politiche future dovrebbe mirare non solo a incentivare le singole tecnologie, ma anche a considerare soluzioni integrate in edilizia ed a scala di quartiere, individuando una serie di confini differenti rispetto ai sistemi e valutando in modo correlato anche le specificità dell'utenza finale. La necessità di stabilire requisiti prestazionali restrittivi dei

sistemi tecnologici eterogenei richiede, l'analisi e lo sviluppo di valutazioni multicriteriali semplici e trasparenti per l'uso di tecniche di raccolta dati.

Questi concetti sono oggi parzialmente previsti nell'attuale assetto normativo a livello comunitario, come ad esempio, nella messa a punto della metodologia per l'analisi della cost-ottimalità dei sistemi edificio-impianto, in funzione chiaramente delle loro prestazioni energetiche, ma anche dei vincoli di costo. Sebbene l'applicazione di questo approccio richieda notevoli sforzi, risulta in ogni caso imprescindibile al fine di aprire nuove prospettive in termini di risparmio di energia, di emissioni e di competitività economica.

Osservando gli interventi d'incentivazione qui trattati dal punto di vista della pubblica amministrazione vediamo che, in termini di esborso complessivo sia risultato meno oneroso il bando delle caldaie con una spesa pari a circa il 70% rispetto a quella sostenuta per gli interventi di installazione dei sistemi solari termici.

Dal punto di vista energetico ed ambientale, la metanizzazione ha ottenuto risultati quantitativamente migliori sia per il risparmio di energia primaria che per emissioni di CO₂ evitate. Infatti, in questo intervento l'energia primaria risparmiata è circa il doppio rispetto a quello sull'installazione dei sistemi solari termici, mentre le emissioni di CO₂ risultano essere quasi 5 volte superiori.

Anche dal punto di vista economico, per la pubblica amministrazione, è stata più conveniente la spesa legata all'incentivazione effettuata per gli interventi di metanizzazione sia in termini di emissioni di CO₂ evitata che di energia primaria risparmiata. Partendo dalla considerazione che il valore di mercato dell'energia primaria è pari a circa 100 €/TEP, è possibile evidenziare come l'uso delle caldaie a condensazione, con un costo equivalente per la pubblica amministrazione pari a 77 €/TEP, si sia dimostrato un intervento positivo, mentre l'introduzione del solare termico, con un costo stimato maggiore di 200 €/TEP, si sia rivelato, da questo punto di vista, oneroso e non allineato al valore di mercato.

Analizzando i costi correlati alle emissioni di anidride carbonica, si è stimato un costo dell'intervento di introduzione delle caldaie a condensazione pari a 10 € per ogni t CO_{2-eq} risparmiata, mentre per la tecnologia solare termica il costo calcolato è stato pari a 79 € per ogni t CO_{2-eq}. I valori di mercato della CO₂ sono molto

variabili e, quindi, di difficile individuazione, in questo lavoro sono stati individuati due valori di riferimento 10 €/tCO_{2-eq}, ovvero un valore di mercato, e 40 €/tCO_{2-eq}, un valore estrapolato da dati reali (vedi *cap.5.3*). Si può concludere che la spesa pubblica per la riduzione dei gas serra a livello globale è risultata conveniente per quanto riguarda le caldaie a condensazione, mentre per la tecnologia solare termica si è riscontrato un costo eccessivo.

Dal punto di vista dell'investitore, la caldaia a condensazione costa circa 104 €/kW con il contributo di Regione Lombardia. Tale contributo consente di coprire il 14% del costo totale medio, che è pari a 120 €. Il solare termico è costato, mediamente, 990 €/m²; in questo caso l'incentivo rappresenta una quota maggiore e consente una riduzione media del 44%, con una spesa dell'investitore che ammonta a 556 €/m².

Considerando gli intervalli di potenza della caldaia e di superficie per i collettori solari termici, dall'analisi emerge che, generalmente sia per le caldaie a condensazione che per i sistemi solari termici, all'aumentare della potenza dell'elemento incentivato, aumenta l'incidenza dell'incentivo erogato rispetto all'investimento totale.

Per la metanizzazione la variazione di costo è quasi del 56%, si passa infatti dai circa 180 €/kW per le potenze minore (35-200 kW), fino ad arrivare a 80 €/kW per le installazioni che hanno una potenza superiore ai 500 kW, con un impatto del contributo di Regione Lombardia che oscilla tra l'11 e il 16%. Analizzando la situazione dei vari range di potenza dal punto di vista della pubblica amministrazione, si è notato come sia più conveniente incentivare, se pur per una minima differenza, le caldaie a maggiore potenza in quanto la loro incidenza è maggiore rispetto agli indicatori prestazionali considerati. Tale osservazione è confermata sia per il contributo unitario erogato per il risparmio di emissioni di CO_{2-eq} evitate, dove si passa da 11 € ogni t di CO_{2-eq} nella fascia minore fino a 10 € per ogni t di CO_{2-eq} nella fascia maggiore, che per il risparmio di energia primaria emessa, dove si passa dagli 83 € spesi per ogni TEP nel range di minore potenza (35-200 kW) fino ai 73 €/TEP per il range di potenza superiore ai 500 kW.

L'analisi del solare termico, invece, porta ad una considerazione differente: l'incentivo per la fascia intermedia, corrispondente ai 5-10 m² di superficie dei

collettori installati, ha un valore di costo per unità di superficie e un impatto del contributo minori rispetto alle altre fasce. Si passa dal 37% d'incidenza della superficie minore (< 5 m²) fino ad arrivare al 53 % per gli impianti con più di 100 m² installati, ma è solo del 26% l'apporto del contributo per la fascia intermedia indicata.

Per l'investitore, quindi, la fascia intermedia tra i 5-10 m² di superficie dei collettori installati risulta essere meno vantaggioso rispetto alle altre; ma, al contrario, è la più conveniente per la pubblica amministrazione che invece avrebbe una spesa di circa 50 € per ogni t CO_{2-eq} evitata a differenza degli altri range in cui i valori oscillano fino ad un massimo di 90 € per t CO_{2-eq} nella fascia intermedia 10-100 m² (vedi *cap.7*). La situazione è analoga per il costo che grava sulla pubblica amministrazione nel caso dell'energia primaria fossile evitata. Infatti, anche in questo caso risulta più conveniente investire sull'intervallo di superficie installata di 5-10 m² dove si elargiscono circa 140 € ogni TEP evitata; mentre, anche in questo caso, rimane più onerosa la fascia intermedia di 10-100 m² nella quale si individua un ammontare del costo per la pubblica amministrazione pari a circa 250 €/TEP evitata.

Nel complesso la percentuale di incentivazione è mediamente più elevata per la tecnologia solare, ammontando mediamente ad un 40% circa del costo totale dell'intervento.

Facendo riferimento agli anni di emanazione dei bandi (tra il 2000 ed il 2008), la tecnologia della caldaia a condensazione era più diffusa rispetto a quella del solare termico. Infatti, già in quegli anni la caldaia a condensazione era una tecnologia matura, ovvero largamente disponibile sul mercato e competitiva dal punto di vista tecnico-economico. Tale affermazione è confermata dai dati raccolti; infatti, il tempo di ritorno per le caldaie, variabile tra i 4 ed i 2 anni, risulta essere già vantaggioso anche senza il beneficio dato dall'incentivazione (con l'incentivo la variazione temporale è di qualche mese), mentre per il solare termico il tempo di ritorno è maggiore, variabile tra i 9 ed i 14 anni, e con l'incentivazione si riduce mediamente di 4-5 anni.

Tali dati sono ancora oggi confermati, infatti, come riportato nell'Energy Efficiency Report 2013, in ambito residenziale la caldaia a condensazione si rileva la tecnologia più competitiva a livello puramente economico per soddisfare il

fabbisogno termico, rispetto ad altre soluzioni quali pompe di calore e solare termico.

Il quadro della sostenibilità economica presentato nell'Energy Efficiency Report 2013 indica che, per il settore residenziale per una sostituzione della caldaia a condensazione, il tempo di ritorno ottimale sarebbe tra 3,5 e 5,5 anni, il che porta a osservare come il sistema caldaia a condensazione da noi analizzato sia già ottimale senza incentivo avendo un tempo di ritorno da 2,2 a 3,8 anni, e risulta così essere una soluzione conveniente anche senza incentivazione. Secondo quanto riportato nel Report, il solare termico nel caso di sostituzione senza incentivo ha un tempo di ritorno di 10-13 anni; dai dati da noi analizzati nel caso studio, invece, si ottiene un valore del tempo di ritorno che oscilla tra 9,5 e 14,5 anni, si afferma quindi come una soluzione non economicamente conveniente senza incentivazione nelle condizioni di mercato attuali.

Sempre all'interno dell'Energy Efficiency Report 2013, è contemplato anche il caso in cui esista un incentivo che massimizza il ritorno economico (minimizzando il tempo di ritorno dell'investimento effettuato) della sostituzione di alcune tecnologie. Per la sostituzione della caldaia a condensazione è stato stimato un tempo di ritorno tra i 2,5 e i 4,5 anni, criteri ampiamente soddisfatti nel nostro monitoraggio che attesta un intervallo di valori che oscillano tra 1,80 e 3,40 anni. Per gli impianti solari termici la situazione non è del tutto soddisfacente, considerando la presenza di un'incentivazione nel Report viene proposto un intervallo del tempo di ritorno compreso tra i 5 e i 7 anni, mentre rispetto ai nostri casi tali valori sono superiori ai 7 anni arrivando al massimo di 10 anni, ad eccezione degli impianti aventi dimensioni superiori a 100 m². Questi ultimi dati, inerenti al solare termico, mostrano come l'impatto degli incentivi sul ritorno degli investimenti è, nella maggior parte dei casi, non sufficiente a far raggiungere la convenienza economica e quindi non può rappresentare il solo elemento da utilizzare al fine di promuovere questa tecnologia.

In conclusione possiamo sottolineare come quella per il solare termico, non essendo ancora una tecnologia consolidata, si sia dimostrata una campagna d'incentivazione volta a promuovere la sua diffusione, sebbene essa non sia ancora pienamente efficace dal punto di vista tecnico-economico; la campagna per l'incentivazione delle caldaie a condensazione risulta invece essere molto meno

onerosa per la pubblica amministrazione e più efficace dal punto di vista economico-ambientale. Tuttavia i tempi di ritorno brevi dell'investimento iniziale per l'investitore evidenziano come si sia promossa una tecnologia già matura.

É opportuno sottolineare che allo stato attuale, dal punto di vista tecnico economico, pensare allo sviluppo e alla diffusione di singole tecnologie non sia più sufficiente, ma risulti necessario un approccio volto a promuovere soluzioni integrate per il miglioramento prestazionale del sistema edificio-impianto. Questo necessariamente richiede l'uso di metodi di valutazione che pongano in relazione gli aspetti economici, energetici ed ambientali in maniera trasparente, considerando le molteplici dimensioni del problema. La metodologia di analisi presentata nel lavoro di tesi costituisce un primo passo verso questo tipo di approccio, che diverrà imprescindibile nell'immediato futuro.

Indice delle tabelle

| | |
|--|----|
| Tabella 1 - Individuazione della disponibilità dei dati relativi ai vari ambiti oggetto del monitoraggio..... | 39 |
| Tabella 2 - Risorse allocate ed utilizzate per le domande pervenute e incentivate, impianti installati e analizzati. | 42 |
| Tabella 3 - Distribuzione delle domande tra privati ed enti pubblici..... | 43 |
| Tabella 4 - Dati per l'individuazione del contributo sui nuovi impianti a gas naturale | 45 |
| Tabella 5 - Quadro riassuntivo delle risorse allocate/utilizzate e delle domande presentate/incentivate | 50 |
| Tabella 6 - Parametri per il calcolo del contributo..... | 52 |
| Tabella 7 - Distribuzione delle domande tra privati ed enti pubblici..... | 52 |
| Tabella 8 - Descrizione delle aree tematiche presenti all'interno del Database | 56 |
| Tabella 9 - Criteri ed indicatori principali per l'analisi dei dati | 57 |
| Tabella 10 - Criteri specifici definiti per l'analisi dei dati in ciascun ambito | 58 |
| Tabella 11 - Descrizione dei dati economici "Elaborati" | 65 |
| Tabella 12 - Descrizione dei dati energetico-ambientali "Elaborati" | 67 |
| Tabella 13 - Descrizione degli "Indicatori" di progetto, economici ed energetico ambientali | 69 |
| Tabella 14 - Confronto tra le produttività ricalcolate e la quantità di dati a disposizione | 71 |
| Tabella 15 - Descrizione dei dati tecnici e ambientali "Elaborati" | 72 |
| Tabella 16 - Descrizione degli "Indicatori" di progetto, economici e ambientali | 75 |
| Tabella 17 - Poteri calorifici forniti da Finlombarda, impiegati nelle valutazioni contenute nel Database | 76 |
| Tabella 18 - Fattori di emissione impiegati nei calcoli | 77 |
| Tabella 19 - Rendimento elettrico e Fattore di energia primaria elettrica dell'anno 2008 | 79 |
| Tabella 20 - Rendimenti di generazione utilizzati nelle valutazioni | 79 |
| Tabella 21 - Tempo di vita utile ipotizzato per ognuno degli impianti analizzati..... | 79 |

| | |
|---|-----|
| Tabella 22 - Costi medi dei combustibili/vettori energetici in funzione del tempo di vita utile pari a 20 anni | 81 |
| Tabella 23 - Costi medi dei combustibili/vettori energetici in funzione del tempo di vita utile pari a 15 anni. | 81 |
| Tabella 24 - Abitazioni occupate da persone residenti con impianto di riscaldamento per tipo di combustibile o energia che alimenta l'impianto di riscaldamento e disponibilità di acqua calda - Regione Lombardia - Censimento 2001..... | 83 |
| Tabella 25 - Distribuzione percentuale dei vettori energetici utilizzati in Lombardia per la produzione di ACS e riscaldamento | 84 |
| Tabella 26 - Valori di rendimento e fattore di energia primaria medi pesati per gli impianti sostituiti dai sistemi solari..... | 84 |
| Tabella 27 - Fattori di emissioni medi pesati impiegati nei calcoli relativi ai collettori solari | 84 |
| Tabella 28 - Esempio di calcolo per ottenere il costo medio pesato annuale dell'energia..... | 84 |
| Tabella 29 - Costo dell'energia medio pesato, rispetto alle percentuali di utilizzo dei vettori energetici, nel tempo di vita utile per un impianto solare termico | 85 |
| Tabella 30 - Descizioni delle assunzioni per le analisi economiche nel caso della sostituzione della caldaia | 87 |
| Tabella 31 - Descrizioni delle assunzioni per le analisi economiche nel caso dell'impianto solare termico | 87 |
| Tabella 32 - Tassi di attualizzazione utilizzati..... | 90 |
| Tabella 33 - Parametri per il calcolo del contributo..... | 98 |
| Tabella 34 - Numero di generatori, impianti e potenza installata per Bando e per fasce di potenza..... | 99 |
| Tabella 35 - Energia primaria ed emissioni di CO _{2-eq} , NO _x , SO ₂ : pre e post intervento e loro variazione | 100 |
| Tabella 36 - Indicatori riferiti all'efficienza ed ai rapporti di costo ed efficienza sia rispetto al costo totale che rispetto al contributo corrisposto | 102 |
| Tabella 37 - Ammontare del costo totale, del contributo e del rapporto tra contributo e costo totale nei vari range di potenza..... | 102 |

| | |
|--|-----|
| Tabella 38 - Media matematica delle potenze, dell'energia primaria e delle emissioni evitate per i vari range di potenza | 103 |
| Tabella 39 - Media pesata rispetto alla potenza installata della potenza, delle emissioni evitate e dell'energia primaria risparmiata per i vari range di potenza. | 103 |
| Tabella 40 - Ammontare del costo totale, del contributo e del rapporto tra contributo e costo totale nei vari range di potenza per valori medi matematici..... | 104 |
| Tabella 41 - Ammontare del costo totale, del contributo e del rapporto tra contributo e costo totale nei vari range di potenza per valori medi pesati rispetto alla potenza installata. | 104 |
| Tabella 42 - Tempi di ritorno attualizzati per range di potenza senza contributo di Regione Lombardia e con 10€ e 40€ ogni t di CO ₂ evitata, (prospettiva macroeconomica)..... | 105 |
| Tabella 43 - Tempi di ritorno attualizzati per range di potenza con contributo di Regione Lombardia e con 10€ e 40€ ogni t di CO ₂ evitata, (prospettiva macroeconomica)..... | 105 |
| Tabella 44 - Tempi di ritorno attualizzati per range di potenza con e senza contributo per la prospettiva finanziaria..... | 107 |
| Tabella 45 - Limiti ed elaborazioni per il calcolo dei risultati finali..... | 109 |
| Tabella 46 - Principali caratteristiche dimensionali ed economiche per range e Bando di appartenenza..... | 114 |
| Tabella 47 - Confronto tra la superficie media per intervallo di superficie e la superficie media totale..... | 115 |
| Tabella 48 - Rapporto tra costo e contributo per intervallo di superficie..... | 115 |
| Tabella 49 - Indicatori riferiti all'efficienza ed ai rapporti di costo ed efficienza sia rispetto al costo totale che rispetto al contributo corrisposto | 116 |
| Tabella 50 - Distribuzione percentuale della riduzione di inquinanti e di energia primaria da fonti non rinnovabili..... | 117 |
| Tabella 51 - Ammontare del costo totale e del contributo corrisposto e relativo rapporto..... | 117 |
| Tabella 52 - Contributo corrisposto per energia prodotta rispetto al Bando di appartenenza | 118 |

| | |
|--|-----|
| Tabella 53 - Media matematica della superficie installata, delle emissioni evitate e dell'energia primaria risparmiata per i vari range di superficie | 119 |
| Tabella 54 - Media pesata rispetto alla superficie installata della superficie, delle emissioni evitate e dell'energia primaria risparmiata per i vari range di superficie. | 119 |
| Tabella 55 - Ammontare del costo totale, del contributo e del rapporto tra contributo e costo totale nei vari range di superficie per valori medi matematici. | 120 |
| Tabella 56 - Ammontare del costo totale, del contributo e del rapporto tra contributo e costo totale nei vari range di superficie per valori medi pesati rispetto alla superficie installata. | 120 |
| Tabella 57 - Tempi di ritorno attualizzati per range di superficie senza contributo di Regione Lombardia e con 10€ e 40€ ogni t di CO ₂ evitata, (prospettiva macroeconomica)..... | 122 |
| Tabella 58 - Tempi di ritorno attualizzati per range di superficie con contributo di Regione Lombardia e con 10€ e 40€ ogni t di CO ₂ evitata, (prospettiva macroeconomica)..... | 122 |
| Tabella 59 - Tempi di ritorno attualizzati per range di potenza con e senza contributo per la prospettiva finanziaria..... | 124 |
| Tabella 60 - Dati complessivi sugli interventi di diffusione delle caldaie a condensazione suddivise per range di potenza | 126 |
| Tabella 61 - Analisi su valori medi pesati rispetto alla potenza installata per le caldaie a condensazione..... | 127 |
| Tabella 62 - Tabella divisa per range di potenza con l'indicazione dei dati utili alla pubblica amministrazione ed al privato..... | 130 |
| Tabella 63 - Dati complessivi sugli interventi di diffusione degli impianti solari termici suddivise per range di superficie installata | 131 |
| Tabella 64 - Dati medi pesati in funzione delle superficie installata sugli interventi di diffusione degli impianti solari termici suddivise per range | 132 |
| Tabella 65 - Tabella divisa per range di potenza con l'indicazione dei dati utili alla pubblica amministrazione e all'investitore | 134 |

| | |
|--|-----|
| Tabella 66 - Tabella riassuntiva dei dati totali dei costi, dell'energia primaria fossile evitata e delle emissioni di CO ₂ evitate per le due tipologie di bando per la pubblica amministrazione | 135 |
| Tabella 67 - Tabella riassuntiva dei dati significativi per l'investitore nelle due tipologie di bando | 136 |

Indice delle figure

| | |
|---|-----|
| Figura 1 - Elaborazione dei dati sugli impianti a metano; quadro delle informazioni acquisite e inserite nel Database | 43 |
| Figura 2 - Elaborazione dei dati sugli impianti a metano; quadro delle informazioni acquisite e inserite nel Database, Bando 1..... | 44 |
| Figura 3 - Elaborazione dei dati sugli impianti a metano; quadro delle informazioni acquisite e inserite nel Database, Bando 2..... | 44 |
| Figura 4 - Schema riassuntivo dei file Excel e struttura database “Caldaie a gas naturale” | 46 |
| Figura 5 - Elaborazione dei dati sugli impianti solari termici; quadro delle informazioni acquisite e inserite nel Database | 48 |
| Figura 6 - Variazione dell'entità del contributo nei Bandi rispetto all'energia termica producibile..... | 53 |
| Figura 7 - Distribuzione dell'energia producibile nel tempo di vita rispetto al Bando di appartenenza | 53 |
| Figura 8 - Schema riassuntivo file Excel e struttura database “Solare termico” | 54 |
| Figura 9 - Rappresentazione schematica dell’organizzazione del Database | 59 |
| Figura 10 - Rappresentazione schematica del foglio della dei “Dati” | 61 |
| Figura 11 - Rappresentazione schematica del foglio delle “Elaborazioni” | 62 |
| Figura 12 - Rappresentazione schematica del foglio degli “Indicatori” | 63 |
| Figura 13 - Elaborazione dei dati sugli impianti solari termici; quadro totale dei casi ricalcolati in base ai dati disponibili | 70 |
| Figura 14 - Schema delle categorie di costi..... | 92 |
| Figura 15 - Schema dei tempi di ritorno attualizzati al 3% per range di potenza con contributo di Regione Lombardia e con 10€ e 40€ ogni t di CO ₂ evitata. | 106 |
| Figura 16 - Schema dei tempi di ritorno attualizzati al 4% per range di potenza con contributo di Regione Lombardia e con 10€ e 40€ ogni t di CO ₂ evitata. | 106 |
| Figura 17 - Schema riassuntivo dei tempi di ritorno attualizzati al 4% per range di potenza con e senza incentivo nel caso della sostituzione della caldaia a gasolio con caldaia a gas naturale..... | 108 |

| | |
|---|-----|
| Figura 18 - Distribuzione degli impianti eliminati rispetto al totale e al Bando di appartenenza | 110 |
| Figura 19 - Distribuzione delle categorie di edificio nella totalità dei Bandi..... | 111 |
| Figura 20 - Distribuzione dell'utilizzo degli impianti solari nella totalità dei Bandi | 111 |
| Figura 21 - Distribuzione percentuale della superficie e del numero di impianti in base all'intervallo di superficie installata | 112 |
| Figura 22 - Distribuzione del costo totale e del contributo rispetto al Bando di appartenenza | 118 |
| Figura 23 - Schema riassuntivo dei tempi di ritorno attualizzati al 3% suddivisi per range di superficie nel caso dell'impianto solare termico..... | 122 |
| Figura 24 - Schema riassuntivo dei tempi di ritorno attualizzati al 4% suddivisi per range di superficie nel caso dell'impianto solare termico..... | 123 |
| Figura 25 - Schema riassuntivo dei tempi di ritorno attualizzati al 4% per range di superficie con e senza incentivo nel caso dell'impianto solare termico..... | 124 |
| Figura 26 - Valori complessivi dell'intervento di incentivazione sulla diffusione delle caldaie a condensazione suddivisi per range di potenza..... | 127 |
| Figura 27 - Rappresentazione grafica dei valori medi pesati rispetto alla potenza installata per le caldaie a condensazione (i dati sono riportati nella Tabella 60) | 128 |
| Figura 28 - Valori complessivi dell'intervento di incentivazione sulla diffusione degli impianti solari termici suddivisi per range di superficie installata..... | 131 |
| Figura 29 - Valori medi pesati in funzione della superficie installata dell'intervento di incentivazione sulla diffusione degli impianti solari termici suddivisi per range | 132 |
| Figura 30 - Grafico di confronto tra solare e metano con le caratteristiche utili alla pubblica amministrazione | 135 |
| Figura 31 – Grafico che meglio esprime i rapporti tra i dati, divisi in range di potenza, visti nella tabella precedente..... | 136 |

Figura 32 - Grafico che meglio esprime i rapporti tra i dati, divisi in range
di superficie, visti nella tabella precedente..... 137

Appendice: esempi rappresentativi dei Database finali

| 1. INDICIZZAZIONE | | | | | | | | | | 2. DATI GEOGRAFICI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------|--|--------------------------|--------------------|--------|-------|----------|---------------|--|-----------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------|----------------------------|-----------------------------|-----------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------|--|--------------------------|-------|--------|-------|----------|
| Codice identificativo Bando | Codice monitoraggio numero | Codice monitoraggio lettera | Codice ID | Protocollo Regione Lombardia | Data protocollo Regione Lombardia | Codice protocollo Lombardia | Codice CIURIT | Soggetto Privato (P) o Ente pubblico (E) | Denominazione via ecc. | N° | Comune | CAP | Provinci | Codice CIURIT | Soggetto Privato (P) o Ente pubblico (E) | Codice protocollo Lombardia | Data protocollo Regione Lombardia | Protocollo Regione Lombardia | Codice ID | Codice monitoraggio numero | Codice monitoraggio lettera | Codice ID | Protocollo Regione Lombardia | Data protocollo Regione Lombardia | Codice protocollo Lombardia | Codice CIURIT | Soggetto Privato (P) o Ente pubblico (E) | Denominazione via ecc. | N° | Comune | CAP | Provinci |
| - PRIVATI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A120DGR003545 | ME0001 | a | 1284 | Q1.2006.0002447 | 30/01/2006 | 5015 | - | P | piazzetta | 11 | milano | 20122 | milano | - | P | 5015 | 30/01/2006 | Q1.2006.0002447 | 1284 | ME0001 | a | 1284 | Q1.2006.0002447 | 30/01/2006 | 5015 | - | P | piazzetta | 11 | milano | 20122 | milano |
| A120DGR003545 | ME0001 | b | 1284 | Q1.2006.0002447 | 30/01/2006 | 5015 | - | P | piazzetta | 11 | milano | 20122 | milano | - | P | 5015 | 30/01/2006 | Q1.2006.0002447 | 1284 | ME0001 | b | 1284 | Q1.2006.0002447 | 30/01/2006 | 5015 | - | P | piazzetta | 11 | milano | 20122 | milano |
| A120DGR003545 | ME0001 | c | 1284 | Q1.2006.0002447 | 30/01/2006 | 5015 | - | P | piazzetta | 11 | milano | 20122 | milano | - | P | 5015 | 30/01/2006 | Q1.2006.0002447 | 1284 | ME0001 | c | 1284 | Q1.2006.0002447 | 30/01/2006 | 5015 | - | P | piazzetta | 11 | milano | 20122 | milano |
| A120DGR003545 | ME0001 | d | 1284 | Q1.2006.0002447 | 30/01/2006 | 5015 | - | P | piazzetta | 11 | milano | 20122 | milano | - | P | 5015 | 30/01/2006 | Q1.2006.0002447 | 1284 | ME0001 | d | 1284 | Q1.2006.0002447 | 30/01/2006 | 5015 | - | P | piazzetta | 11 | milano | 20122 | milano |
| A120DGR003545 | ME0002 | a | 1314 | Q1.2006.0002459 | 30/01/2006 | 5027 | - | P | via fontana | 5_A | milano | 20122 | milano | - | P | 5027 | 30/01/2006 | Q1.2006.0002459 | 1314 | ME0002 | a | 1314 | Q1.2006.0002459 | 30/01/2006 | 5027 | - | P | via fontana | 5_A | milano | 20122 | milano |
| A120DGR003545 | ME0002 | b | 1314 | Q1.2006.0002459 | 30/01/2006 | 5027 | - | P | via fontana | 5_A | milano | 20122 | milano | - | P | 5027 | 30/01/2006 | Q1.2006.0002459 | 1314 | ME0002 | b | 1314 | Q1.2006.0002459 | 30/01/2006 | 5027 | - | P | via fontana | 5_A | milano | 20122 | milano |
| A120DGR003545 | ME0003 | a | 1308 | Q1.2006.0002458 | 30/01/2006 | 5028 | - | P | via donatello_gran_sasso | 37_50 | milano | 20131 | milano | - | P | 5028 | 30/01/2006 | Q1.2006.0002458 | 1308 | ME0003 | a | 1308 | Q1.2006.0002458 | 30/01/2006 | 5028 | - | P | via donatello_gran_sasso | 37_50 | milano | 20131 | milano |
| A120DGR003545 | ME0003 | b | 1308 | Q1.2006.0002458 | 30/01/2006 | 5028 | - | P | via donatello_gran_sasso | 37_50 | milano | 20131 | milano | - | P | 5028 | 30/01/2006 | Q1.2006.0002458 | 1308 | ME0003 | b | 1308 | Q1.2006.0002458 | 30/01/2006 | 5028 | - | P | via donatello_gran_sasso | 37_50 | milano | 20131 | milano |
| A120DGR003545 | ME0004 | a | 1288 | Q1.2006.0002450 | 30/01/2006 | 5032 | - | P | largo isabella_d_agona | 4 | milano | 20122 | milano | - | P | 5032 | 30/01/2006 | Q1.2006.0002450 | 1288 | ME0004 | a | 1288 | Q1.2006.0002450 | 30/01/2006 | 5032 | - | P | largo isabella_d_agona | 4 | milano | 20122 | milano |
| A120DGR003545 | ME0005 | a | 207 | Q1.2005.0023778 | 28/11/2005 | 5054 | - | P | via nino_cotilla | 25_27 | milano | 20127 | milano | - | P | 5054 | 28/11/2005 | Q1.2005.0023778 | 207 | ME0005 | a | 207 | Q1.2005.0023778 | 28/11/2005 | 5054 | - | P | via nino_cotilla | 25_27 | milano | 20127 | milano |
| A120DGR003545 | ME0005 | b | 207 | Q1.2005.0023778 | 28/11/2005 | 5054 | - | P | via nino_cotilla | 25_27 | milano | 20127 | milano | - | P | 5054 | 28/11/2005 | Q1.2005.0023778 | 207 | ME0005 | b | 207 | Q1.2005.0023778 | 28/11/2005 | 5054 | - | P | via nino_cotilla | 25_27 | milano | 20127 | milano |
| A120DGR003545 | ME0005 | c | 207 | Q1.2005.0023778 | 28/11/2005 | 5054 | - | P | via nino_cotilla | 25_27 | milano | 20127 | milano | - | P | 5054 | 28/11/2005 | Q1.2005.0023778 | 207 | ME0005 | c | 207 | Q1.2005.0023778 | 28/11/2005 | 5054 | - | P | via nino_cotilla | 25_27 | milano | 20127 | milano |
| A120DGR003545 | ME0005 | d | 207 | Q1.2005.0023778 | 28/11/2005 | 5054 | - | P | via nino_cotilla | 25_27 | milano | 20127 | milano | - | P | 5054 | 28/11/2005 | Q1.2005.0023778 | 207 | ME0005 | d | 207 | Q1.2005.0023778 | 28/11/2005 | 5054 | - | P | via nino_cotilla | 25_27 | milano | 20127 | milano |

| 1. ELABORAZIONE DATI TECNICI | | 2. ELABORAZIONE DATI ECONOMICI | | | | 3. ELABORAZIONE DATI ENERGETICO-AMBIENTALI | | | | Consumo termico specifico del sistema sostituito (Gasolio) (kWh/m² anno) | | Consumo termico specifico. Stimato (kWh/anno) | | Ipotesi di consumo termico specifico del sistema sostituito (Gasolio) (kWh/m² anno) | | Ipotesi di consumo termico specifico. Stimato (kWh/anno) | |
|---|--|---|---|--|---|--|--|--|--|--|--|---|--|---|--|--|--|
| Potenza totale Bando per Potenza totale CURIT (-) | | Costo gasolio per impianto sostituito (I) | Costo metano per impianto sostituito (II) | Costo medio annuo ottenuto con la sostituzione dell'impianto (I) | Energia primaria fossile evitata (TEP/anno) | Emissioni evitate: NO _x (kg/anno) | Emissioni evitate: SO ₂ (kg/anno) | Emissioni evitate: CO ₂ -e (t/anno) | Consumo termico specifico. Stimato (kWh/m² anno) | Consumo termico Normativo (kWh/m² anno) | Consumo termico specifico del sistema sostituito (Gasolio) (kWh/m² anno) | Consumo termico specifico. Stimato (kWh/anno) | Consumo termico specifico del sistema sostituito (Gasolio) (kWh/m² anno) | Consumo termico specifico. Stimato (kWh/anno) | Consumo termico specifico del sistema sostituito (Gasolio) (kWh/m² anno) | Consumo termico specifico. Stimato (kWh/anno) | |
| MILANO | | 64.498,24 | 32.096,34 | 32.402,91 | 5,36 | 70,98 | 142,32 | 38,09 | 100,31 | 67,88 | 119,60 | 338.380,45 | 338.380,45 | 338.380,45 | 338.380,45 | 338.380,45 | |
| | | 64.498,24 | 32.096,34 | 32.402,91 | 5,36 | 70,98 | 142,32 | 38,09 | 100,31 | 67,88 | 119,60 | 338.380,45 | 338.380,45 | 338.380,45 | 338.380,45 | 338.380,45 | |
| | | 64.498,24 | 32.096,34 | 32.402,91 | 5,36 | 70,98 | 142,32 | 38,09 | 100,31 | 67,88 | 119,60 | 338.380,45 | 338.380,45 | 338.380,45 | 338.380,45 | 338.380,45 | |
| | | 34.436,07 | 17.102,22 | 17.294,65 | 2,86 | 37,88 | 76,28 | 20,33 | 62,87 | 67,88 | 98,21 | 179.540,97 | 179.540,97 | 179.540,97 | 179.540,97 | 179.540,97 | |
| | | 34.436,07 | 17.102,22 | 17.294,65 | 2,86 | 37,88 | 76,28 | 20,33 | 62,87 | 67,88 | 98,21 | 179.540,97 | 179.540,97 | 179.540,97 | 179.540,97 | 179.540,97 | |
| | | 74.074,03 | 36.860,98 | 37.210,06 | 6,15 | 81,51 | 164,13 | 43,74 | 72,43 | 67,88 | 85,85 | 386.316,47 | 386.316,47 | 386.316,47 | 386.316,47 | 386.316,47 | |
| | | 74.074,03 | 36.860,98 | 37.210,06 | 6,15 | 81,51 | 164,13 | 43,74 | 72,43 | 67,88 | 85,85 | 386.316,47 | 386.316,47 | 386.316,47 | 386.316,47 | 386.316,47 | |
| | | 67.750,09 | 33.744,53 | 34.036,56 | 5,63 | 74,55 | 150,12 | 40,01 | 64,24 | 67,88 | 76,14 | 353.339,68 | 353.339,68 | 353.339,68 | 353.339,68 | 353.339,68 | |
| | | 47.336,31 | 23.656,66 | 23.780,65 | 3,93 | 52,09 | 104,89 | 27,95 | 53,28 | 67,88 | 63,15 | 246.871,25 | 246.871,25 | 246.871,25 | 246.871,25 | 246.871,25 | |
| | | 47.336,31 | 23.656,66 | 23.780,65 | 3,93 | 52,09 | 104,89 | 27,95 | 53,28 | 67,88 | 63,15 | 246.871,25 | 246.871,25 | 246.871,25 | 246.871,25 | 246.871,25 | |
| | | 47.336,31 | 23.656,66 | 23.780,65 | 3,93 | 52,09 | 104,89 | 27,95 | 53,28 | 67,88 | 63,15 | 246.871,25 | 246.871,25 | 246.871,25 | 246.871,25 | 246.871,25 | |
| | | 47.336,31 | 23.656,66 | 23.780,65 | 3,93 | 52,09 | 104,89 | 27,95 | 53,28 | 67,88 | 63,15 | 246.871,25 | 246.871,25 | 246.871,25 | 246.871,25 | 246.871,25 | |
| | | 75.093,70 | 37.476,88 | 37.833,83 | 6,26 | 82,87 | 166,87 | 44,47 | 78,61 | 67,88 | 94,36 | 392.759,82 | 392.759,82 | 392.759,82 | 392.759,82 | 392.759,82 | |
| | | 75.093,70 | 37.476,88 | 37.833,83 | 6,26 | 82,87 | 166,87 | 44,47 | 78,61 | 67,88 | 94,36 | 392.759,82 | 392.759,82 | 392.759,82 | 392.759,82 | 392.759,82 | |
| | | 67.750,09 | 33.744,53 | 34.036,56 | 5,63 | 74,55 | 150,12 | 40,01 | 184,35 | 67,88 | 218,49 | 363.339,68 | 363.339,68 | 363.339,68 | 363.339,68 | 363.339,68 | |
| | | 67.750,09 | 33.744,53 | 34.036,56 | 5,63 | 74,55 | 150,12 | 40,01 | 184,35 | 67,88 | 218,49 | 363.339,68 | 363.339,68 | 363.339,68 | 363.339,68 | 363.339,68 | |
| | | 67.750,09 | 33.744,53 | 34.036,56 | 5,63 | 74,55 | 150,12 | 40,01 | 184,35 | 67,88 | 218,49 | 363.339,68 | 363.339,68 | 363.339,68 | 363.339,68 | 363.339,68 | |

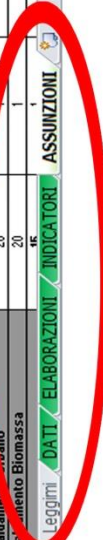


| 1. INDICATORE DI IDENTIFICAZIONE | | 2. INDICATORI DI PROGETTO | | | | 3. INDICATORI ECONOMICI | | | | 4. INDICATORI ENERGETICO-AMBIENTALI | | | |
|----------------------------------|---|--|--|--|---|---|---|--|---|--|--|--|--|
| Chiave unica di intervento | Potenza termica al focolare totale installata per Volume riscaldato (V ₁ /m ³) | Contributo per corrisposto assegnato (-) | Consumo di combustibile nel tempo di vita (l/IMWh) | Costo totale per Potenza termica al focolare totale installata da bando (k€/V ₁) | Costo totale per Volume servito (€/m ³) | Contributo per Consumo di combustibile nel tempo di vita (l/IMWh) | Contributo per Potenza termica installata da bando (k€/V ₁) | Contributo per corrisposto servito (€/m ³) | Tempo di ritorno semplice del Costo totale (anni) | Tempo di ritorno semplice dell'investimento (anni) | Emissioni primarie fossile evitate nel tempo di vita (TEP) | Emissioni evitate: ND, et nel tempo di vita (kg) | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| A10D0G0003545ME0001a | 34,00 | 1,00 | 7,06 | 6,98 | 3,56 | 1,35 | 20,00 | 0,68 | 1,10 | 0,83 | 80,36 | 1.064,64 | |
| A10D0G0003545ME0001b | 34,00 | 1,00 | 7,06 | 6,98 | 3,56 | 1,35 | 20,00 | 0,68 | 1,10 | 0,83 | 80,36 | 1.064,64 | |
| A10D0G0003545ME0001c | 34,00 | 1,00 | 7,06 | 6,98 | 3,56 | 1,35 | 20,00 | 0,68 | 1,10 | 0,83 | 80,36 | 1.064,64 | |
| A10D0G0003545ME0001d | 34,00 | 1,00 | 7,06 | 6,98 | 3,56 | 1,35 | 20,00 | 0,68 | 1,10 | 0,83 | 80,36 | 1.064,64 | |
| A10D0G0003545ME0002a | 26,15 | 1,00 | 2,29 | 2,42 | 0,95 | 1,26 | 20,00 | 0,52 | 0,36 | 0,16 | 42,69 | 569,25 | |
| A10D0G0003545ME0002b | 26,15 | 1,00 | 2,29 | 2,42 | 0,95 | 1,26 | 20,00 | 0,52 | 0,36 | 0,16 | 42,69 | 569,25 | |
| A10D0G0003545ME0003a | 26,00 | 0,99 | 2,20 | 2,12 | 0,80 | 1,38 | 20,00 | 0,50 | 0,34 | 0,13 | 32,29 | 1.222,69 | |
| A10D0G0003545ME0003b | 26,00 | 0,99 | 2,20 | 2,12 | 0,80 | 1,38 | 20,00 | 0,50 | 0,34 | 0,13 | 32,29 | 1.222,69 | |
| A10D0G0003545ME0004a | 20,62 | 0,82 | 2,14 | 2,10 | 0,63 | 1,06 | 15,56 | 0,34 | 0,33 | 0,17 | 64,41 | 1.186,32 | |
| A10D0G0003545ME0005a | 17,27 | 1,00 | 3,80 | 3,91 | 1,01 | 1,30 | 20,00 | 0,35 | 0,59 | 0,39 | 58,97 | 781,35 | |
| A10D0G0003545ME0005b | 17,27 | 1,00 | 3,80 | 3,91 | 1,01 | 1,30 | 20,00 | 0,35 | 0,59 | 0,39 | 58,97 | 781,35 | |
| A10D0G0003545ME0005c | 17,27 | 1,00 | 3,80 | 3,91 | 1,01 | 1,30 | 20,00 | 0,35 | 0,59 | 0,39 | 58,97 | 781,35 | |
| A10D0G0003545ME0005d | 17,27 | 1,00 | 3,80 | 3,91 | 1,01 | 1,30 | 20,00 | 0,35 | 0,59 | 0,39 | 58,97 | 781,35 | |
| A10D0G0003545ME0006a | 27,57 | 1,00 | 0,69 | 0,67 | 0,26 | 1,37 | 16,80 | 0,55 | 0,11 | -0,11 | 93,83 | 1.243,08 | |
| A10D0G0003545ME0006b | 27,57 | 1,00 | 0,69 | 0,67 | 0,26 | 1,37 | 16,80 | 0,55 | 0,11 | -0,11 | 93,83 | 1.243,08 | |
| A10D0G0003545ME0007a | 62,61 | 1,00 | 16,04 | 15,74 | 14,78 | 1,36 | 20,00 | 1,25 | 2,50 | 2,29 | 84,41 | 1.186,32 | |
| A10D0G0003545ME0007b | 62,61 | 1,00 | 16,04 | 15,74 | 14,78 | 1,36 | 20,00 | 1,25 | 2,50 | 2,29 | 84,41 | 1.186,32 | |
| A10D0G0003545ME0007c | 62,61 | 1,00 | 16,04 | 15,74 | 14,78 | 1,36 | 20,00 | 1,25 | 2,50 | 2,29 | 84,41 | 1.186,32 | |
| A10D0G0003545ME0007d | 62,61 | 1,00 | 16,04 | 15,74 | 14,78 | 1,36 | 20,00 | 1,25 | 2,50 | 2,29 | 84,41 | 1.186,32 | |
| A10D0G0003545ME0007e | 62,61 | 1,00 | 16,04 | 15,74 | 14,78 | 1,36 | 20,00 | 1,25 | 2,50 | 2,29 | 84,41 | 1.186,32 | |
| A10D0G0003545ME0007f | 62,61 | 1,00 | 16,04 | 15,74 | 14,78 | 1,36 | 20,00 | 1,25 | 2,50 | 2,29 | 84,41 | 1.186,32 | |
| A10D0G0003545ME0007g | 62,61 | 1,00 | 16,04 | 15,74 | 14,78 | 1,36 | 20,00 | 1,25 | 2,50 | 2,29 | 84,41 | 1.186,32 | |
| A10D0G0003545ME0008a | 27,42 | 0,81 | 7,67 | 7,80 | 3,21 | 1,14 | 17,41 | 0,48 | 1,19 | 1,02 | 65,69 | 868,95 | |
| A10D0G0003545ME0008b | 26,69 | 1,02 | 0,69 | 0,52 | 0,21 | 1,26 | 14,35 | 0,38 | 0,11 | -0,09 | 167,37 | 2.217,49 | |
| A10D0G0003545ME0008c | 26,88 | 1,02 | 0,69 | 0,52 | 0,21 | 1,26 | 14,35 | 0,38 | 0,11 | -0,09 | 167,37 | 2.217,49 | |
| A10D0G0003545ME0009a | 118,67 | 1,09 | 3,33 | 3,33 | 58,35 | 1,13 | 17,41 | 20,00 | 0,51 | 0,34 | 67,75 | 897,65 | |



| ASSUNZIONI | | PCI | UM |
|---|---|-------------------------------------|--|
| Impianti | | | |
| Gasolio da riscaldamento | 11,86 | kWh/kg | |
| Gas naturale | 9,53 | kWh/m ³ | |
| Olio combustibile | 11,27 | kWh/kg | |
| GPL | 12,79 | kWh/kg | |
| Biomassa | 2,50 | kWh/kg | |
| RSU | Utilizzo del dato specifico per ogni termovalizzatore * | | 0,50 |
| Energia elettrica | | | |
| Sistema di generazione sostituito alimentato a: | | | |
| Gasolio da riscaldamento | 0,81 | Fattore Energia Primaria | 1,23 |
| Gas naturale | 0,85 | | 1,18 |
| Gas naturale, caldaia a condensazione | 0,86 | | 1,04 |
| Media pesata per impianti sostituiti da energia solare | 0,72 | | 1,53 |
| EER sistemi di raffrescamento preesistenti | 3,5 | | 0,23 |
| Rendimento elettrico Regione Lombardia | 0,4871 | | 2,05 - Siena |
| Rendimento elettrico Nazionale | 0,4598 | | 2,17 - AE |
| Fattori di emissione | | | |
| | NO _x (g/kWh) | SO ₂ (g/kWh) | CO _{2-e} (g/kWh) |
| Caldaia a gasolio | 0,216 | 0,360 | 264,210 |
| Caldaia a gas naturale | 0,137 | 0,0018 | 199,310 |
| Caldaia a gas a condensazione | 0,045 | 0,0018 | 199,310 |
| Caldaia ad Olio combustibile | 0,540 | 0,540 | 270,400 |
| Caldaia a Gpl | 0,216 | 0,000 | 225,220 |
| Tele riscaldamento biomassa | 0,283 | 0,0036 | 0,000 |
| Tele riscaldamento RSU | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Tele riscaldamento a gas naturale | 0,230 | 0,00081 | 199,300 |
| Elettricità | 0,051 | 0,034 | 357,419 |
| Diesel | - | - | - |
| Acqua | - | - | - |
| Media pesata per impianti sostituiti da collettori solari | 0,20 | 0,09 | 285,01 |
| Tabella per calcoli Politecnico | | | |
| | Numero anni utilizzo | Variazione del rendimento nel tempo | Conversione kWh energia primaria-TEP (termico) |
| Sistemi solari termici | 1 | 1 | 5347,59 |
| Tele riscaldamento | 20 | 1 | 5347,59 |
| Tele riscaldamento Biomassa | 20 | 1 | 5347,59 |
| Conversione g-kg | | | 5347,59 |
| Conversione kWh energia primaria-TEP (elettrico) | | | 5347,59 |
| Conversione kWh energia primaria-TEP (elettrico) | | | 5347,59 |

ARPA, dati del 2008
 Friomaida - Regione Lombardia
 Report NOx - Politecnico di Milano, Articolo: N.145e, P.5-A.14.1.1, J. Compo
 Elaborazione Digitalimento ABC da dati SIMAne-ISPRA



L'efficienza energetico-ambientale e misure di incentivazione

| | Potenza termica totale installata (kWt) | Superficie complessiva dei collettori (m2) | Contributo corrisposto (€) | Contributo assegnato (€) | Preventivo costo totale (€) | Costo totale (€) | Tempo di ritorno semplice dell'investimento (anni) | Energia termica prodotta nel tempo di vita (kWh) | Energia termica prodotta in un anno (kWh) | Energia primaria fossile evitata (TEP/anno) | Emissioni di NOx nel tempo di vita (kg) | Emissioni di SO2 nel tempo di vita (kg) | Emissioni di CO2-eq nel tempo di vita (t) |
|--|---|--|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------|--|--|---|---|---|---|---|
| 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 1133 | 38,6 | 55,20 | 219,540 | 26,195,37 | 80,000,00 | 323,080,54 | 3,52 | 457,339,00 | 22,866,95 | 3,01 | 126,57 | 577,3 | 2,89 |
| 1134 | Range >100m² | 131,32 | 475,000,00 | 49,774,00 | 99,548,00 | 112,927,53 | 6,66 | 1.257.260,00 | 62.863,00 | 8,27 | 347,96 | 158,71 | 7,94 |
| 1135 | 76,6 | 109,44 | 334,250,00 | 97,000,00 | 218,280,00 | 66,850,00 | 4,56 | 2.800.000,00 | 140.000,00 | 18,42 | 774,93 | 353,45 | 37,67 |
| 1136 | 91,4 | 130,54 | 25,000 | 37,960,00 | 73,290,97 | 50,000,00 | 3,28 | 1.350.221,60 | 62.511,08 | 8,33 | 346,01 | 17,30 | 157,82 |
| 1137 | 77,5 | 110,74 | 73,591 | 45,000,00 | 90,000,00 | 90,000,00 | 2,68 | 1.378.442,80 | 93.922,13 | 13,36 | 319,88 | 237,12 | 11,66 |
| 1138 | 87,1 | 124,44 | 76,490 | 77,500,00 | 155,000,00 | 152,980,72 | 4,61 | 2.067.169,00 | 103.358,45 | 13,60 | 572,11 | 28,61 | 260,95 |
| 1139 | 99,7 | 142,38 | 77,500 | 59,300,00 | 118,600,00 | 162,533,96 | 3,39 | 2.318.600,00 | 115.930,00 | 15,25 | 641,70 | 32,08 | 292,68 |
| 1140 | 79,0 | 112,80 | 37,538 | 66,538,00 | 133,116,00 | 75,075,33 | 3,22 | 2.297.201,40 | 114.860,07 | 15,11 | 635,78 | 31,79 | 289,96 |
| 1141 | 87,2 | 124,52 | 26,500 | 77,500,00 | 155,000,00 | 58,020,00 | 4,32 | 2.011,019,40 | 100.550,97 | 13,23 | 556,57 | 23,83 | 233,86 |
| 1142 | 80,0 | 114,24 | 16,520 | 75,088,00 | 180,000,00 | 38,570,00 | 10,82 | 938.600,00 | 46.930,00 | 6,18 | 259,77 | 12,99 | 118,48 |
| 1143 | 84,2 | 120,32 | 57,692 | 74,000,00 | 148,000,00 | 115,384,74 | 2,90 | 2.681.160,20 | 134.038,01 | 17,64 | 742,04 | 37,10 | 338,45 |
| 1144 | 88,9 | 127,00 | 42,627 | 70,000,00 | 140,000,00 | 85,254,97 | 2,65 | 2.808.700,40 | 140.435,02 | 18,48 | 777,34 | 38,87 | 364,55 |
| 1145 | 156,0 | 222,84 | 22,185 | 23,130,00 | 92,000,00 | 44,370,75 | 2,47 | 3.236.229,80 | 161.811,49 | 21,29 | 895,66 | 44,78 | 408,52 |
| 1146 | 104,3 | 151,87 | 28,288 | 27,500,00 | 110,000,00 | 56,576,22 | 3,29 | 2.911.850,00 | 145.592,50 | 19,16 | 805,89 | 40,29 | 387,52 |
| 1147 | 134,4 | 192,00 | 28,288 | 85,000,00 | 157,989,21 | 56,576,22 | 2,20 | 3.898.685,60 | 194.934,28 | 25,65 | 1.079,00 | 53,95 | 492,14 |
| 1148 | 127,4 | 182,05 | 16,967 | 78,525,00 | 133,300,00 | 49,998,00 | 2,69 | 2.406.260,00 | 120.313,00 | 15,83 | 665,96 | 33,30 | 303,75 |
| 1149 | 111,2 | 158,88 | 31,000 | 78,525,00 | 144,000,00 | 62,000,00 | 4,07 | 1.996.420,00 | 99.821,00 | 13,13 | 552,53 | 27,63 | 252,01 |
| 1150 | 138,9 | 198,36 | 31,186 | DNF | 150,075,00 | 62,372,70 | 2,77 | 3.200.000,00 | 160.000,00 | 21,05 | 885,64 | 44,28 | 403,95 |
| 1151 | 103,3 | 155,40 | 52,500 | 95,500,00 | 191,000,00 | 105,000,00 | 2,97 | 3.298.100,00 | 164.905,00 | 21,70 | 912,79 | 45,64 | 416,33 |
| 1152 | 353,5 | 362,10 | 36,091 | 512,026,12 | 640,056,24 | 72,182,55 | 2,07 | 7.430.000,00 | 371.500,00 | 48,88 | 2.056,34 | 102,82 | 937,91 |
| 1153 | 191,3 | 273,38 | 357,684,09 | 357,484,09 | 490,968,18 | 375,463,46 | 2,89 | 5.600.000,00 | 280.000,00 | 36,84 | 1.549,86 | 77,49 | 706,91 |
| 1154 | 105,0 | 150,00 | 161,536 | 187,874,81 | 341,590,76 | 628,800,00 | 15,40 | 1.200.000,00 | 60.000,00 | 7,89 | 332,11 | 16,61 | 151,48 |
| 1155 | 176,4 | 252,00 | 230,765,19 | 230,765,19 | 628,800,00 | 289,493,11 | 14,01 | 2.800.000,00 | 140.000,00 | 18,42 | 774,93 | 38,75 | 353,45 |
| 1156 | 230,4 | 329,16 | 14,211 | 117,397,24 | 274,493,11 | 42,515,68 | 15,19 | 1.116.740,00 | 55.837,00 | 7,35 | 309,07 | 15,45 | 140,97 |
| 1157 | | | | | | | | | | | | | |
| 1158 | | | | | | | | | | | | | |
| 1159 | 12,911,82 | 18,445,46 | 8,030,653,55 | 6,926,331,14 | 19,706,806,80 | 18,287,012,26 | 7,978,35 | 276,451,231,20 | 13,822,561,56 | 1,818,76 | 76,510,95 | 3,825,55 | 34,897,36 |
| 1160 | media | 15,98 | 6,958,97 | 9,769,16 | 17,076,96 | 15,874,14 | 6,91 | 239,559,13 | 11,977,96 | 1,38 | 66,30 | 3,32 | 30,24 |
| 1161 | media pesata | 47,68 | 30,599,73 | 41,346,40 | 81,297,56 | 56,886,36 | 5,73 | 1,016,733,11 | 50,833,66 | 6,69 | 281,26 | 14,06 | 128,29 |
| 1162 | dev.st. | 20,33 | 26,201,16 | 29,877,69 | 40,235,11 | 41,662,36 | 4,15 | 467,290,17 | 23,364,51 | 3,07 | 129,33 | 6,47 | 58,99 |
| 1163 | | | | | | | | | | | | | |
| Totale <5 m2 / 5-10 m2 / 10-100 m2 / >100 m2 | | | | | | | | | | | | | |

| | Range | Potenza installata (kW) | Impianti per potenza installata (n°) | Energia primaria fossile evitata (TEP/anno) | Emissioni evitate: NOx (kg/anno) | Emissioni evitate: SO2 (kg/anno) | Emissioni evitate: CO2-eq (t/anno) | Costo totale (€) | Contributo composto (€) | Influenza del contributo sul costo totale (%) | Costo scontato (€) | NPV | Payback | Discounted Payback |
|---------------------|---------------|-------------------------|--------------------------------------|---|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------|-------------------------|---|--------------------|------------|---------|--------------------|
| METANO | 35-200 kW | 62.935,00 | 463 | 1.044,33 | 13.871,19 | 28.135,24 | 7.474,20 | 11.542.683,91 | 1.308.411,30 | 11,34 | 10.234.272,61 | | | |
| | 200-500 kW | 155.397,00 | 505 | 2.397,58 | 31.868,84 | 64.775,60 | 17.192,09 | 19.439.605,05 | 2.740.559,50 | 14,08 | 16.719.045,55 | | | |
| | > 500 kW | 119.476,10 | 131 | 1.419,92 | 18.854,00 | 38.206,99 | 10.153,84 | 9.788.054,68 | 1.556.315,00 | 15,90 | 8.231.739,68 | | | |
| | Totale | 337.808,10 | 1.099 | 4.861,84 | 64.594,04 | 131.117,83 | 34.820,12 | 40.790.343,64 | 5.605.285,80 | 13,74 | 35.185.057,84 | | | |
| Media | 35-200 kW | 135,93 | 463 | 2,26 | 29,96 | 60,77 | 16,14 | 24.930,20 | 2.825,94 | 11,34 | 22.104,26 | 80.054,17 | 3,17 | 3,39 |
| | 200-500 kW | 307,72 | 505 | 4,75 | 63,11 | 128,27 | 34,04 | 38.533,87 | 5.426,85 | 14,08 | 33.107,02 | 182.923,42 | 2,36 | 2,44 |
| | > 500 kW | 912,03 | 131 | 10,84 | 143,92 | 291,66 | 77,51 | 74.717,97 | 11.880,27 | 15,90 | 62.837,71 | 429.306,25 | 2,02 | 2,09 |
| | totale | 307,38 | 1.099 | 4,42 | 58,79 | 119,34 | 31,69 | 37.115,87 | 5.100,35 | 13,74 | 32.015,52 | 168.995,05 | 2,44 | 2,52 |
| Media pesata | 35-200 kW | | 463 | 2,46 | 32,70 | 66,33 | 17,62 | 26.332,75 | 3.075,35 | 11,68 | 23.257,40 | 88.259,88 | 3,07 | 3,29 |
| | 200-500 kW | | 505 | 5,03 | 66,81 | 135,86 | 36,05 | 39.626,57 | 5.684,50 | 14,35 | 33.942,07 | 194.904,22 | 2,29 | 2,37 |
| | > 500 kW | | 131 | 13,46 | 179,14 | 365,65 | 96,87 | 90.677,46 | 14.656,31 | 16,16 | 76.021,16 | 539.788,39 | 1,99 | 2,03 |
| | totale | | 1.099 | 7,53 | 100,22 | 204,24 | 54,15 | 55.223,33 | 8.374,13 | 15,16 | 46.849,19 | 297.113,13 | 2,13 | 2,21 |
| | 35-200 kW | 41,32 | 463 | 0,78 | 10,14 | 20,08 | 5,37 | 19.399,97 | 1.033,82 | | | | | |

| SOL-ARE | Range | Potenza installata (kW) | Impianti per potenza installata (n°) | Superficie complessiva dei collettori (m ²) | Energia termica producibile in un anno (kWh) | Energia primaria fossile evitata (TEP/anno) | Emissioni evitate: NOx (kg/anno) | Emissioni evitate: SO ₂ (kg/anno) | Emissioni evitate: CO ₂ -eq (t/anno) | Costo totale (€) | Contributo complessivo (€) | Influenza del contributo sul costo totale (%) | Costo totale scontato (€) | NPV | Payback | Discounted Payback |
|---------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------------|---|--|---|----------------------------------|--|---|------------------|----------------------------|---|---------------------------|------------|---------|--------------------|
| | <5 m ² | 1.104,58 | 409 | 1.577,97 | 1.255.289,20 | 163,17 | 347,42 | 158,46 | 462,03 | 1.952.003,45 | 723.943,96 | 37,09% | 1.228.059,49 | | | |
| | 5-10 m ² | 1.789,01 | 358 | 2.555,72 | 1.830.545,73 | 240,86 | 506,62 | 231,08 | 673,76 | 2.634.199,63 | 687.392,44 | 26,09% | 1.946.807,19 | | | |
| Totale | 10-100 m ² | 7.235,27 | 364 | 10.336,10 | 7.666.593,63 | 1.008,76 | 2.121,81 | 967,78 | 2.821,80 | 10.847.868,24 | 5.094.432,18 | 46,96% | 5.753.436,07 | | | |
| | > 100 m ² | 2.782,97 | 23 | 3.975,67 | 3.070.133,00 | 403,96 | 849,69 | 387,55 | 1.130,01 | 2.832.940,94 | 1.524.884,97 | 53,43% | 1.328.055,97 | | | |
| | totale | 12.911,82 | 1.154 | 18.445,46 | 13.822.561,56 | 1.818,76 | 3.825,55 | 1.744,87 | 5.087,60 | 18.287.012,26 | 8.030.653,55 | 43,91% | 10.256.358,71 | | | |
| | <5 m ² | 2,70 | 409 | 3,86 | 3.069,17 | 0,40 | 0,85 | 0,39 | 1,13 | 4.772,62 | 1.770,03 | 37,09% | 3.002,59 | 751,88 | 13,03 | 13,38 |
| | 5-10 m ² | 5,00 | 358 | 7,14 | 5.113,26 | 0,67 | 1,42 | 0,65 | 1,88 | 7.358,10 | 1.920,09 | 26,09% | 5.438,01 | 1.845,76 | 12,23 | 12,58 |
| Media | 10-100 m ² | 19,88 | 364 | 28,40 | 21.062,07 | 2,77 | 5,83 | 2,66 | 7,75 | 29.966,49 | 13.995,69 | 46,70% | 15.970,79 | 7.945,24 | 12,11 | 12,47 |
| | > 100 m ² | 121,00 | 23 | 172,86 | 151.101,11 | 17,56 | 36,94 | 16,85 | 49,13 | 124.040,91 | 66.299,35 | 53,45% | 57.741,56 | 116.230,37 | 8,54 | 8,78 |
| | totale | 11,19 | 1.154 | 15,98 | 11.977,96 | 1,58 | 3,32 | 1,51 | 4,41 | 15.846,63 | 6.958,97 | 43,91% | 8.887,66 | 5.686,18 | 11,45 | 11,77 |
| | <5 m ² | 2,80 | 409 | 4,01 | 3.162,02 | 0,42 | 0,88 | 0,40 | 1,16 | 4.788,88 | 1.805,82 | 37,71% | 2.983,06 | 902,77 | 12,75 | 13,12 |
| | 5-10 m ² | 5,15 | 358 | 7,36 | 5.257,53 | 0,69 | 1,46 | 0,66 | 1,94 | 7.495,78 | 1.919,11 | 25,60% | 5.576,67 | 1.967,78 | 12,13 | 12,49 |
| Media pesata | 10-100 m ² | 29,36 | 364 | 41,95 | 30.778,23 | 4,05 | 8,52 | 3,89 | 11,33 | 49.337,79 | 24.978,62 | 50,63% | 24.359,16 | 6.063,02 | 13,31 | 13,68 |
| | > 100 m ² | 140,47 | 23 | 200,67 | 151.101,11 | 19,88 | 41,82 | 19,07 | 55,62 | 128.939,55 | 75.079,25 | 58,23% | 53.860,30 | 143.042,45 | 7,96 | 8,19 |
| | totale | 47,68 | 1.154 | 68,12 | 50.813,66 | 6,69 | 14,06 | 6,41 | 18,70 | 56.886,36 | 30.599,73 | 53,79% | 26.286,64 | 34.578,22 | 10,01 | 10,28 |
| | <5 m ² | 0,53 | 409 | 0,76 | 626,62 | 0,08 | 0,17 | 0,08 | 0,23 | 1.582,62 | 918,49 | | | | | |

Bibliografia

Testi:

- Arecco F. Dall'O G., *Energia sostenibile e fonti rinnovabili*, Ippsoa Indicialia, 2012.
- Dall'O G., *Lombardia+. L'edilizia a consumo quasi zero in Lombardia*, Edizioni Ambiente, 2012.
- Dall'o' G., Gamberale M., Silvestrini G., *Manuale della certificazione energetica degli edifici*, Edizioni Ambiente, 2010.
- Ellerman A.D., Joskow P.L., *The European Union's Emissions Trading System in perspective*, Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change, 2008.
- Esmond R., *Capire gli edifici. Un approccio multidisciplinare*, Zanichelli, 1990.
- Grassi W., Scatizzi G., *Moderne soluzioni impiantistiche per il risparmio energetico*, Maggioli Editore, 2001.
- Grasso M., *Analisi economica e ambiente*, Franco Angeli, 2001.

Articoli:

- Beerepoot M., *Public energy performance policy and the effect on diffusion of solar thermal systems in buildings: a Dutch experience*, *Renewable Energy* 32, 1882–1897, 2007.
- Checchi A., *La politica energetica dell'Unione Europea*, 2009.
- CIBSE, *Indicative life expectancy for building services plant, equipment and systems*, 2009.
- COWI, *Methodology for Ecodesign of Energy-related Products*, 2011.
- CRESME, *Il Mercato delle Costruzioni e le Prospettive Degli Impianti Termici e di Condizionamento*, 2011.
- DECC, *Renewable Heat Incentive RHI*, March, 2001.
- ENEA, *Rapporto Energia Ambiente 2009-2010*, 2012.
- ESTIF, *Key Issues for Renewable Heat in Europe, Financial Incentives for Solar Thermal. Guidelines on Best Practice and Avoidable Problems*, 2006.
- ESTIF, *Solar Heating and Cooling for a Sustainable Energy Future in Europe. Strategic Research Agenda. Sixth Framework Programme*, 2009.

- ESTIF, *Solar Thermal Markets in Europe - Trends and Market Statistics 2012*, 2013.
- ESTIF, *Strategic Research Priorities for Solar Thermal Technology*, European Technology Platform on Renewable Heating and Cooling, December, 2012.
- GME, Mercato dei Titoli di Efficienza Energetica, Rapporto di monitoraggio semestrale, 2012
- IEA, Statistics, CO₂ emissions from fuel combustion, Highlights, 2012.
- ISTAT, *Censimento abitazioni occupate da persone residenti con impianto di riscaldamento per tipo di combustibile o energia che alimenta l'impianto di riscaldamento e disponibilità di acqua calda*, Regione Lombardia, 2001.
- Johnson L.T., Yeh S., Hope C., *The social cost of carbon: implications for modernizing our electricity system*, *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 3.4: 369-375, 2013.
- NREAPs, European Commission Decision (30 June) Establishing a template for National Renewable Energy Action Plans under Directive 2009/28/EC, Bruxelles, 2009.
- Rouleau C.R., *Lloyd-International policy issues regarding solar water heating, with a focus on New Zealand*, *Energy Policy* 36, 1843–1857, 2008.
- Valentini G., Pistochini P., *The 55% tax reductions for building retrofitting in Italy: the results of the ENEA's four years activities*, *Proc. EEDAL 2011 – 6th International Conference on Energy Efficiency in Domestic Appl.*, Copenhagen, Denmark, 2011.

Normative:

- D.G.R. (2004). D.G.R. 5 agosto 2004 – n. 7/18603, Approvazione del terzo bando metanizzazione impianti termici 2004 e rifinanziamento del bando metanizzazione impianti termici 2003, BURL SO N. 34, 16 agosto 2004.
- D.G.R. (2005). D.G.R. 27 ottobre 2005 – n. 8/935, Bando per l'assegnazione di contributi per la trasformazione a gas naturale degli impianti termici e per l'installazione di dispositivi per l'abbattimento degli inquinanti su impianti a gasolio nelle aree critiche per la qualità dell'aria, BURL SO N. 45, 7 novembre 2005.
- Direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (EPBD).

D.M. 28/12/2012, Incentivazione della produzione di energia termica da fonti rinnovabili ed interventi di efficienza energetica di piccole dimensioni.

EN 15459: Economic evaluation procedure for energy system into buildings, 2008.

EN 15603: Energy performance of buildings overall energy use and definition of energy ratings, 2008.

EU ETS, European Emissions Trading Systems, 2014.

Parlamento Italiano. (1993). D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412, Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10.

UNI EN 15459, Prestazione energetica degli edifici. Procedura di valutazione economica dei sistemi energetici degli edifici, 2008.

UNI/TS 11300-2, Prestazioni energetiche degli edifici Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria, 2008.

UNI TS 11300-4, Prestazioni energetiche degli edifici – Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria, 2012.

Altre fonti :

AEEG, Autorità per l'energia elettrica ed il gas.

ARPA, Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente.

BPIE, Buildings performance institute europe.

CENED, Certificazione energetica degli edifici, Regione Lombardia.

CIBSE, Chartered institution of building services engineers.

CRESME, Centro ricerche economiche sociali di mercato per l'edilizia e il territorio.

CURIT, Catasto unico regionale impianti termici, Regione Lombardia.

DECC, Department of energy & climate change.

ENEA, Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile.

ESTIF, European solar thermal industry federation.

GME, Gestore Mercati Energetici.

ISTAT, Istituto nazionale di statistica.

SIRENA, Sistema informativo regionale energia ambiente.

Sitografia:

<http://www.agenziacasaclima.it>

<http://www.anima.it/ass/assotermica>

<http://www.ita.arpalombardia.it>

<http://www.autorita.energia.it>

<http://www.a2a.eu/it>

<http://www.cened.it>

<http://www.cresme.it>

<http://www.curit.it>

<http://www.efficienzaenergetica.enea.it/>

<http://www.enea.it>

<http://www.finlombarda.it>

<http://www.istat.it>

<http://www.iea.org>

<http://www.mercatoelettrico.org>

<http://www.ors.regione.lombardia.it>

<http://www.sirena.finlombarda.it/sirena>

<http://www.dgerm.sviluppoeconomico.gov.it>